

**STUDI PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)  
SKALA RUMAH SEDERHANA DI DAERAH PEDESAAN SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK  
ALTERNATIF UNTUK Mendukung PROGRAM RAMAH LINGKUNGAN  
DAN ENERGI TERBARUKAN**

**<sup>1</sup>Ari Rahayuningtyas, <sup>2</sup>Seri Intan Kuala, dan <sup>3</sup>Ign. Fajar Apriyanto**

*<sup>1,2,3</sup>Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*  
e-mail: [ningtyas\\_ari@yahoo.com](mailto:ningtyas_ari@yahoo.com), [seri.kuala.sk@gmail.com](mailto:seri.kuala.sk@gmail.com), [ignatiusfajarapriyanto@gmail.com](mailto:ignatiusfajarapriyanto@gmail.com)

**Abstrak.** Indonesia merupakan daerah tropis yang mempunyai potensi energi surya sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5 - 4,8 KWh/m<sup>2</sup> / hari. Sehingga energi surya menjadi salah satu bentuk energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan. Energi surya selain mudah didapatkan dari alam, juga ramah lingkungan. Aplikasi sistem PLTS untuk pelistrikan desa sebagai sistem penerangan rumah secara individual atau desentralisasi dengan daya terpasang relatif kecil yaitu sekitar 48-55 Wp. Pada perancangan PLTS ini diasumsikan bahwa penggunaan listrik tiap rumah sederhana warga adalah untuk penerangan rumah, TV dan catu daya. Studi perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) skala rumah sederhana di daerah pedesaan sebagai pembangkit listrik alternatif untuk mendukung program ramah lingkungan dan energi terbarukan ini perlu dilakukan dan bisa digunakan sebagai rekomendasi kepada calon pemakai listrik tenaga surya, dimana harus memperhitungkan dan merencanakan secara matang dan teliti besarnya kebutuhan minimum energi listrik yang diperlukan sebelum membeli komponen-komponen sistem PLTS. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari pembelian komponen yang tidak sesuai dengan kebutuhan. Mengingat harga investasi awal sistem pembangkit listrik ini relatif mahal.

**Kata kunci:** PLTS, energi terbarukan, ramah lingkungan

## 1. Pendahuluan

Salah satu faktor utama untuk mendukung pembangunan pedesaan adalah kesediaan energi. Mengingat kondisi geografis Indonesia yang terdiri atas pulau-pulau yang kecil dan banyak yang terpencil, diperkirakan sekitar 6.200 desa tidak akan mungkin atau sangat sulit dilistriki dengan cara perluasan jaringan PLN. Oleh karena itu diperlukan suatu solusi teknologi yang dapat memanfaatkan sumber energi yang tersedia di lokasi-lokasi terpencil. Menipisnya cadangan sumber daya fosil, khususnya minyak bumi, dewasa ini membuat manusia harus berpikir untuk menggunakan energi alternatif yang terbarukan, seperti tenaga surya, angin, biomassa, panas bumi. Sejak beberapa dekade terakhir, energi surya telah dimanfaatkan di berbagai negara. Jika dieksploitasi dengan tepat, energi surya diprediksi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia. Energi surya memiliki kelebihan, yakni dapat digunakan secara gratis dari alam, serta bebas CO<sub>2</sub> sehingga ramah lingkungan. Dengan kondisi iklim tropis yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun, Indonesia juga berpotensi menghasilkan energi surya yang signifikan. Sel tenaga surya adalah sebuah alat semikonduktor yang mampu mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Perubahan ini disebut efek *photovoltaic*. Pembangkit listrik tenaga surya adalah sistem pembangkit listrik yang ramah lingkungan, dan sangat prospektif sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan pembangkit listrik menggunakan uap atau dengan

minyak maupun batubara. Sistem energi pembangkit tenaga surya mengurangi ketergantungan dunia akan bahan bakar fosil. Melihat kondisi ini maka dipandang perlu membuat suatu rancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya skala rumah sederhana dipedesaan sebagai pembangkit listrik alternatif untuk mendukung program ramah lingkungan dan energi terbarukan.

## 2. Kajian Pustaka

### 2.1 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sel surya adalah suatu komponen elektronika yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Panel 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 panel 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.

**Tabel 1**  
**Posisi Kemiringan Instalasi Panel Surya**

Garis lintang	Sudut kemiringan
0-15 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>
15-25 <sup>0</sup>	25 <sup>0</sup>
25-30 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>
30-35 <sup>0</sup>	40 <sup>0</sup>
35-40 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup>
40-90 <sup>0</sup>	65 <sup>0</sup>

### 2.2 Listrik Pedesaan

Pembangunan listrik pedesaan merupakan penugasan pemerintah untuk memberikan listrik kepada masyarakat pedesaan. Kebijakan yang diambil oleh Direktorat Jendral Ketenagalistrikan (DJK) dan PLN dalam pembangunan listrik desa adalah untuk memenuhi rasio elektrifikasi 80% dan desa berlistrik 98,9% di tahun 2014. Pembangunan ini sesuai dengan RPJM Departemen ESDM 2010-2014, yaitu melistriki desa baru maupun lama yang sebagian dari dusun tersebut belum berlistrik, daerah terpencil dan daerah perbatasan, serta dimungkinkan untuk pengadaan *hybrid* PLTS dan *hybrid* PLTB yang sistemnya terhubung dengan *grid* PLN. Secara umum tujuan dari pelistrikan daerah pedesaan, merupakan usaha dalam memberikan listrik kepada desa-desa, terutama untuk negara berkembang. Meliputi :

1) Penggunaan listrik untuk tujuan produktif (ekonomi)

Fokus pelistrikan desa pada umumnya diletakan pada usaha-usaha untuk membangkitkan atau meningkatkan kegiatan-kegiatan produktif masyarakat. Penggunaan listrik bisa untuk melakukan kegiatan seperti pompa irigasi, industri pedesaan, bengkel kecil, peralatan pertanian, fasilitas pendinginan, dll.

## 2) Manfaat sosial

Program misi sosial dimaksudkan untuk membantu kelompok masyarakat tidak mampu, menjaga kelangsungan dalam upaya perluasan akses pelayanan listrik pada wilayah yang belum terjangkau listrik, dan mendorong pembangunan dan pertumbuhan ekonomi serta meningkatkan kesejahteraan rakyat pedesaan.

### 2.3 *Solar Home System*

Sistem PLTS yang cukup besar penerapannya di Indonesia adalah sebagai sistem penerangan rumah secara individual (*Solar Home System*) dan disingkat SHS. 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). Pemilihan sistem ini dalam penerapannya di pedesaan didasarkan atas kajian pertimbangan faktor-faktor berikut:

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

### 2.4 **Perancangan PLTS**

Langkah-langkah perancangan sistem PLTS adalah sebagai berikut:

1. Mencari total beban pemakaian per hari. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban Pemakaian (Wh)} = \text{Daya} \times \text{Lama Pemakaian} \quad \dots (1)$$

2. Menentukan ukuran kapasitas panel surya yang sesuai dengan beban pemakaian.

$$\text{Kapasitas Modul Surya} = \frac{\text{Total Beban Pemakaian Harian}}{\text{Insolasi Surya Harian}} \quad \dots (2)$$

3. Menentukan kapasitas baterai/aki. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kapasitas Baterai (Ah)} = \frac{\text{Total Kebutuhan Energi Harian}}{\text{Tegangan Sistem}} \quad \dots (3)$$

## 3. **Metodologi Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metodologi kualitatif dengan pendekatan studi literatur, analisis database PLTS, diskusi terfokus dan analisis deskriptif. Pendekatan ini dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai PLTS di Indonesia. Secara garis besar penelitian ini dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut :

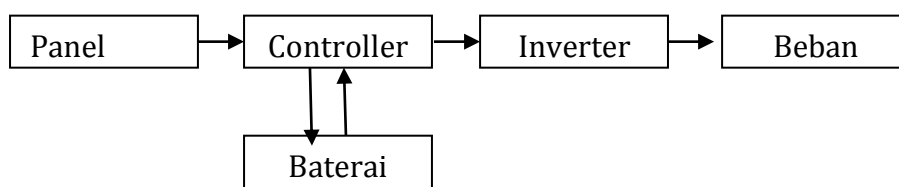
1. Studi literatur, menelusuri informasi yang terkait dengan topik dan permasalahan dari berbagai sumber tertulis, berupa buku, jurnal ataupun artikel.

2. Analisis database PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), mencari informasi dan mengkaji lebih lanjut mengenai segala sesuatu yang terkait dengan PLTS.
3. Diskusi terfokus, diskusi dilakukan untuk memperoleh informasi yang mendalam mengenai PLTS dan pemangku kebijakan terkait energi.
4. Analisis deskriptif, menjabarkan informasi yang telah ditemukan dan penemuan jawaban atas permasalahan penelitian beserta rekomendasi berupa rancangan sistem PLTS untuk pedesaan yang sesuai dengan standart PLTS.

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI Subang, JL KS Tubun No. 5 Subang, Jawa Barat.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Diagram Blok Sistem PLTS



Gambar 1. Diagram Blok Sistem PLTS

Keterangan diagram blok

- a. Panel Surya  
Komponen utama dari PLTS yang dapat menghasilkan energi listrik DC disebut panel surya. Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor (umumnya *silicon*) yang apabila disinari oleh cahaya matahari dapat menghasilkan arus listrik.
- b. Baterai/Aki  
Baterai atau aki adalah penyimpan energi listrik pada saat matahari tidak ada.
- c. Kontroler  
Adalah alat yang mengatur pengisian arus listrik dari panel surya ke baterai dan sebaliknya. Saat isi baterai tersisa 20% sampai 30%, maka regulator akan memutuskan dengan beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari Panel surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari *full discharge* dan *overloading* serta memonitor suhu baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. Kontroler ini dilengkapi dengan *diode protection* yang menghindarkan arus DC dari baterai agar tidak masuk ke panel surya lagi.
- d. *Inverter*  
*Inverter* adalah alat yang mengubah arus DC menjadi AC sesuai dengan kebutuhan peralatan listrik yang digunakan. Alat ini mengubah arus DC dari panel surya menjadi arus AC untuk kebutuhan beban-beban yang menggunakan arus AC.

### a. Perancangan PLTS untuk Rumah Sederhana Pedesaan

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya. Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4 - 5 jam per hari.

Pada perancangan PLTS ini diasumsikan bahwa penggunaan listrik tiap rumah sederhana warga adalah untuk penerangan rumah, TV dan catu daya. Rata – rata rumah warga berukuran 36 meter dengan tembok batu bata, atap genteng (sebagai tempat sel surya menempel). Penggunaan lampu untuk penerangan dalam rumah rata-rata 4 jam/ hari sedangkan penerangan luar rumah rata-rata 10 jam/ hari. TV yang dimiliki rata-rata menyala selama 3 jam/ hari dan catu daya yang digunakan 1 jam/ hari. Dari uraian tersebut dapat diketahui jumlah pemakaian dayanya sehingga dapat ditentukan perkiraan jumlah panel surya yang dibutuhkan dan jumlah baterai yang diperlukan.

**Tabel 2.**  
**Jenis Peralatan yang Digunakan**

Jenis peralatan	Jumlah peralatan (buah)	Jam menyala/hari	Wh (Watt Hour)
Lampu ILB 20 Watt	6	4	480
Lampu ILB 15 Watt	2	10	300
Tv 14 inchi 45 Watt	1	3	135
Catu daya 10 Watt	1	1	10

Berikut adalah perhitungannya :

#### 1. Pemakaian Daya

- Penerangan Rumah :
    - 6 Lampu ILB @20 Watt x 4 jam/hari = 480 Wh
    - 2 Lampu ILB @15 Watt x 10 jam/hari = 300 Wh
  - 1 buah TV 14' @45 Watt x 3 jam/hari = 135 Wh
  - 1 buah catu daya @10 Watt x 1 jam/hari = 10 Wh
- Total kebutuhan daya = 925 watt

#### 2. Jumlah Panel Surya yang dibutuhkan, satu panel kita hitung 50 Wp

Kebutuhan panel surya :  $(925/50 \times 5) = 4$  panel surya

#### 3. Jumlah kebutuhan baterai 12 volt dengan masing-masing 100 Ah:

- Kebutuhan baterai minimum (baterai hanya digunakan 50% untuk pemenuhan kebutuhan listrik), dengan demikian kebutuhan daya kita kalikan 2 x lipat:  
 $925 \times 2 = 1850 \text{ wh} = 1850/12 \text{ volt}/100 \text{ amp} = 1$  baterai 100 Ah
- Kebutuhan baterai (dengan pertimbangan dapat melayani kebutuhan 3 hari tanpa sinar matahari):  
 $925 \times 3 \times 2 = 5550 \text{ wh} = 5550/12 \text{ volt}/100 \text{ amp} = 4$  baterai 100 Ah

**Tabel 3.**  
**Daftar Harga Komponen Penyusun Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

No	Jenis Barang	Spesifikasi	Harga Satuan	Banyaknya	Satuan	Jumlah
1	Panel Surya	50 Wp	1500000	4	Unit	6000000
2	Baterai	12 volt 100Ah	1700000	4	Unit	6800000
3	Controller	10 A 12 V	500000	1	Unit	500000
4	Inverter	100 W 12 VDC	230000	1	Unit	230000
5	Pengkabelan	-	70000	1	Set	70000
Biaya 1 thn						13600000
Biaya per bulan						1133333

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa total daya yang diperlukan sebesar 925 Watt, dengan panel surya berjumlah 4 buah (masing-masing 50 Wp) dan kebutuhan baterai sebanyak 4 buah (12 Volt 100 Ah). Dari perancangan yang telah dilakukan maka besar biaya yang diinvestasikan dapat dihitung sesuai Tabel 3. Sehingga nilai investasi pertahun sebesar Rp. 13.600.000 dengan perhitungan per bulan Rp. 1.133.333.

#### b. Nilai Ekonomis PLTS

PLTS memerlukan perawatan teratur agar hasil keluaran dari perangkat tersebut dapat tercapai dengan maksimal. Perawatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) lebih sering diperlukan pada baterai, jika penggunaan dan perawatan sesuai dengan aturan, rata-rata umur baterai bisa awet sampai 5 tahun, sedangkan biaya perawatan lainnya cenderung sedikit dan murah. Usia pemakaian dari suatu komponen elektronik tergantung dari cara pemakaian. Makin sering dilakukan perawatan makin panjang pula usia komponen tersebut. Berbeda halnya jika terjadi kecelakaan/peristiwa tak terduga diluar prediksi seperti bencana alam. Beberapa piranti yang perlu dilakukan perawatan akan ditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.**  
**Perhitungan Biaya Penggunaan PLTS**

No.	SUMBER BIAYA	KEBUTUHAN PEMAKAIAN	HARGA SATUAN	BIAYA 1 TAHUN	BIAYA 20 TAHUN
A.	Biaya Pembelian	Umur Pakai			
a.1	1 Set PLTS	20 Tahun	13600000	13600000	13600000
B.	Biaya Pemakaian/Penggantian Komponen				
b.1	Baterai 12 Volt 100 Ah	1 buah per 5 tahun	1700000	1700000	6800000
b.2	Kontroler	1 buah per 10 tahun	500000	500000	1000000
Biaya total 20 thn					21400000
Biaya 1 thn thn					1070000

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa biaya teknologi PLTS terhitung mudah dan efisien, walaupun membutuhkan investasi awal yang tinggi, Investasi awal yang dibutuhkan sebesar Rp. 13.600.000 dengan biaya per bulan sebesar Rp. 1.133.333. Diwilayah pedesaan dan pulau-pulau terpencil, PLTS merupakan system catu daya listrik yang paling ekonomis dibandingkan pembangkit listrik lainnya. Keunggulan ekonomi PLTS disebabkan oleh tidak dibutuhkannya suplai bahan bakar dan jaringan distribusi listrik. Semakin terpencil sebuah wilayah, biaya suplai bahan

bakar dan pembangunan jaringan distribusi listrik akan semakin mahal. Namun apabila dihitung untuk pemakaian jangka panjang maka teknologi PLTS merupakan teknologi yang lebih murah dibandingkan dengan pemakaian generator. Di bawah ini perincian biaya investasi dan biaya perawatan menggunakan generator berukuran kecil (20 kVa). Penggunaan PLTS jangka waktu 20 tahun sebesar Rp. 21.400.000 sedangkan penggunaan generator sebesar Rp. 29.830.000.

**Tabel 5.**  
**Biaya Penggunaan Generator**

No.	SUMBER BIAYA	KEBUTUHAN PEMAKAIAN	HARGA SATUAN	BIAYA 1 TAHUN	BIAYA 20 TAHUN
A.	Biaya Pembelian	Umur Pakai			
a.1	1 Buah Generator	5 Tahun	3000000	3000000	12000000
B.	Biaya Pemakaian/Penggantian Komponen				
b.1	Bensin	3 liter per 1 hari	6500	6500	130000
b.2	Oli	1 liter per 30 hari	55000	55000	13200000
b.3	Busi	1 Buah per 6 bulan	50000	50000	500000
b.4	Perawatan Mesin	1 kali per 1 tahun	200000	200000	4000000
				Biaya total 20 t	29830000
				Biaya total 1 th	1491500

## 5. Kesimpulan

Karya tulis ilmiah ini bisa digunakan sebagai rekomendasi kepada calon pemakai listrik tenaga surya, dimana harus memperhitungkan dan merencanakan secara matang dan teliti besarnya kebutuhan minimum energi listrik yang diperlukan sebelum membeli komponen – komponen sistem PLTS. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari pembelian komponen yang tidak sesuai dengan kebutuhan. Mengingat harga investasi awal sistem pembangkit listrik ini relatif mahal. Untuk skala rumah sederhana dipedesaan dengan kebutuhan listrik untuk penerangan, Tv dan catu daya, maka rata-rata kebutuhan daya per rumah sebesar 925 Watt. Sehingga membutuhkan 4 buah panel surya ukuran 50 Wp dan 4 buah baterai 12 Volt 100 Ah. Investasi awal yang dibutuhkan sebesar Rp. 13.600.000 dengan biaya per bulan sebesar Rp. 1.133.333. Asumsi pemakaian jangka panjang (20 tahun) maka teknologi PLTS merupakan teknologi yang lebih murah dibandingkan dengan pemakaian generator PLTS sebesar Rp. 21.400.000 sedangkan penggunaan generator sebesar Rp. 29.830.000.

Keuntungan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) cocok dikembangkan di Indonesia karena beriklim tropis dan bisa digunakan sebagai pengganti pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang tidak terbarukan. PLTS ramah terhadap lingkungan, tidak menghasilkan polusi, sangat cocok untuk pelestarian lingkungan sekaligus sebagai wujud komitmen peduli lingkungan. Memiliki ketergantungan pada cuaca. Saat mendung kemampuan panel surya menangkap sinar matahari tentu akan berkurang. Akibatnya, PLTS tidak bisa digunakan secara optimal. Karena saat mendung kemampuan PLTS menyimpan energi berkurang sekitar 30 persen. Untuk mencapai tingkat efisiensi yang memadai dibutuhkan lokasi instalasi yang luas, dan panel surya ini idealnya diarahkan ke matahari, tanpa hambatan seperti pohon dan gedung tinggi, untuk mencapai tingkat efisiensi yang diperlukan.

## Daftar Pustaka

- Kadir, A. 2010. *Energi: Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi, edisi 3*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Nugraha, I M Adiya dkk. 2013. Studi Dampak Ekonomi dan Sosial PLTS Sebagai Listrik Pedesaan Terhadap Masyarakat Desa Ban Kubu Karangasem. Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems Bali.
- Raharjo dkk. *Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia : Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara skala kecil, PLTN, dan Energi Terbarukan*
- Retnanestri, M dkk. 2004. *Off-Grid Photovoltaic Applications in Indonesia: A Framework for Analysis*. Sydney : The University of New South Wales
- RUKN. 2012. Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2012-2031. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Solarex. 1993. *Everything You Always wanted to know about Solar Power*. Sydney: Villawood.