

## **Analisis Instalasi Listrik Menggunakan Pembangkit Listrik Surya Skala Rumah Tangga**

**Retno Aita Diantari<sup>1</sup>; Sofitri Rahayu<sup>2</sup>; Rudina Okvasari<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN

<sup>1</sup>retno.aita@sttpln.ac.id

<sup>2</sup>sofitri@sttpln.ac.id

<sup>3</sup>rudina.okvasari@sttpln.ac.id

### **ABSTRACT**

*Indonesia is an archipelago located in the tropics area. One of the disadvantages of an archipelagic country is that it is difficult to distribute electricity systems centrally, so an easier system needs to be used by utilizing easily available energy sources. Because Indonesia is in the tropics, the source of solar energy is the most appropriate. The purpose of this study is to analyze the system of household scale solar power generation as an alternative for meeting electricity needs. The method used is literature study and calculation of solar module capacity, battery capacity, solar charge controller and inverter. For 2876 Wh power requirements, 6 solar modules are needed with each capacity of 100 Wp and 2 batteries with a capacity of 24 V x 200 Ah. Household-scale solar power plants are integrated networks, factors that greatly influence the length of household-scale PLTS operating are weather and load factors. The intensity of sunlight received by household PLTS will be low when the sky is cloudy or cloudy. If the load used is low, the household PLTS can operate relatively longer in supplying electricity to the load.*

**Keywords:** PLTS, household scale, electric power

### **ABSTRAK**

*Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak di daerah tropis. Salah satu kekurangan untuk negara kepulauan adalah sulitnya mendistribusikan sistem tenaga listrik secara terpusat, sehingga perlu digunakan sistem yang lebih mudah dengan memanfaatkan sumber energi yang mudah didapatkan. Karena Indonesia berada di daerah tropis, maka sumber energi surya adalah yang paling tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya skala rumah tangga sebagai alternatif untuk pemenuhan kebutuhan tenaga listrik. Metode yang digunakan adalah studi literatur dan perhitungan kapasitas modul surya, kapasitas baterai, solar charge controller dan inverter. Untuk kebutuhan daya 2876 Wh, diperlukan 6 buah modul surya dengan masing-masing kapasitas 100 Wp dan 2 buah baterai dengan kapasitas 24 V x 200 Ah. Pembangkit Listrik Tenaga Surya skala rumah tangga terintegrasi jaringan, faktor yang sangat berpengaruh terhadap lamanya PLTS skala rumah tangga beroperasi adalah faktor cuaca dan beban. Intensitas sinar matahari yang diterima oleh PLTS skala rumah tangga akan rendah pada saat langit berawan atau mendung. Jika beban yang digunakan rendah maka PLTS skala rumah tangga dapat beroperasi relatif lebih lama dalam menyuplai listrik ke beban.*

**Kata kunci:** PLTS, skala rumah tangga, tenaga listrik

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik di Indonesia saat ini masih banyak yang menggunakan pembangkit konvensional dengan bahan bakar seperti gas, minyak bumi dan batu bara yang dapat menimbulkan dampak negatif untuk lingkungan. Teknologi yang sudah ada untuk pemanfaatan teknologi batubara bersih seperti Dense Medium Cyclone (DMC) (Pujotomo, 2017)

Sektor tenaga listrik memberikan kontribusi paling besar bertambahnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yakni sebesar 40% dan sisanya sektor transportasi 27%, sektor industri 21%, sektor domestik 15% serta sektor lain – lain 1% (Slamet, 2008).

Pembangkit konvensional, dilihat dari segi ekonomi teknik, komponen biaya penyediaan tenaga listrik terbesar adalah biaya pembangkitan, khususnya biaya bahan bakar. Oleh sebab itu, berbagai teknik untuk menekan biaya bahan bakar terus berkembang, baik dari segi unit pembangkit secara individu maupun dari segi operasi sistem tenaga listrik secara terpadu (Muslim, 2008).

Memasuki abad 21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis, sementara kebutuhan akan energi semakin meningkat. Di negara-negara industri akan meningkat sampai 70% antara tahun 2000 sampai dengan 2030. Pada tahun 2015, kebutuhan energi listrik akan mencapai 19,5 - 20 trilyun kWh. Namun sumber energi primer (minyak dan gas bumi) hanya mampu menyumbang 12,4 Trilyun Kwh saja, sesuatu hal yang memprihatinkan dan mengkhawatirkan mengingat minyak dan gas bumi yang selama ini kita andalkan suatu saat nanti akan habis, di Indonesia diperkirakan dalam waktu 18 tahun lagi akan habis. Status persediaan minyak dunia diperkirakan akan habis 23 tahun ke depan, gas akan habis 62 tahun ke depan, sedangkan batu bara 146 tahun ke depan tidak akan tersedia lagi. (Hasan, 2012)

Indonesia merupakan negara kepulauan dan terletak di daerah tropis. Salah satu kekurangan untuk negara kepulauan adalah sulitnya mendistribusikan sistem tenaga listrik secara terpusat, sehingga perlu digunakan sistem yang lebih mudah dengan memanfaatkan sumber energi yang mudah didapatkan. Karena Indonesia berada di daerah tropis, maka sumber energi surya adalah yang paling tepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sistem Pembangkit Sistem Tenaga Listrik skala rumah tangga sebagai alternatif untuk pemenuhan kebutuhan tenaga listrik.

## 2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Suatu sistem PLTS terdiri dari panel surya, penyimpan energi listrik (baterai), rangkaian pengatur pengisian baterai, inverter, kabel serta penghubung/konektor, dan perlengkapan-perengkapan lainnya. Perkembangan teknologi dari komponen-komponen PLTS ini telah dapat menghasilkan sistem PLTS yang handal dan ekonomis. Industri nasional sudah dapat memproduksi hampir semua perlengkapan dari PLTS, kecuali panel surya. Industri hulu yang fokus pada pengembangan sel dan panel surya belum ada sedangkan industri hilir yang terdiri dari *balance of system* yang meliputi lampu, rangkaian pengatur, baterai, integrasi sistem, distribusi serta instalasi sudah berkembang dengan cukup baik (Retnanestri, 2004)

Dari sisi kualitas, komponen utama PLTS sebagian besar yang beredar di pasaran nasional sudah memenuhi standar uji BPPT walaupun masih terdapat sebagian yang

kualitasnya substandar. Dari hasil uji yang telah dilakukan, disebutkan bahwa 52% modul surya yang diuji sudah memiliki kapasitas sebesar nilai nominalnya dan bahkan lebih (B2TE, 2008).

Energi surya merupakan bentuk radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi yang berupa cahaya matahari dimana terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversi menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut radiasi surya yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah  $1.353 \text{ W/m}^2$  yang dinyatakan sebagai konstanta surya.

Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus dari perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Lamanya intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung sekitar 4 - 5 jam perharinya. Produksi energi surya pada suatu daerah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$E = I \times A \tag{1}$$

dimana,

E = Energi surya yang dihasilkan (W)

I = Isolasi/Intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam ( $\text{W/m}^2$ )

A = Luas area ( $\text{m}^2$ )

Energi surya yang dikonversi menjadi energi listrik disebut juga sebagai energi *photovoltaic*. Pada awalnya teknologi ini digunakan sebagai pembangkit listrik di daerah pedesaan yang terpencil jauh dari sumber pembangkit listrik kemudian berkembang menjadi lampu penerangan jalan yang menggunakan energi surya dan sebagai penyedia listrik di tempat umum seperti rumah peribadatan, pelayanan kesehatan dan instansi-instansi pemerintah. Walaupun awalnya hanya cukup untuk kebutuhan penerangan namun PLTS cukup membantu elektrifikasi di tempat yang membutuhkan. Selain itu telah tersedia pula pompa air yang menggunakan tenaga surya, yang digunakan untuk pengairan irigasi atau sumber air bersih (air minum).

Untuk perhitungan kebutuhan perancangan panel surya sebagai berikut:

a. Kapasitas Modul Surya

$$\text{Modul surya (Wp)} = \frac{\text{Kebutuhan daya (Wh)}}{\text{Lama penyerapan (Jam)}} \tag{2}$$

b. Baterai

$$\text{Lama pemakaian (Jam)} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Wh)}}{\text{Kebutuhan Daya (wh)}} \tag{3}$$

c. *Solar Charge Controller*

$$\text{Kapasitas arus solar charge controller} = \text{short circuit current} \times 2 \text{ unit baterai} \tag{4}$$

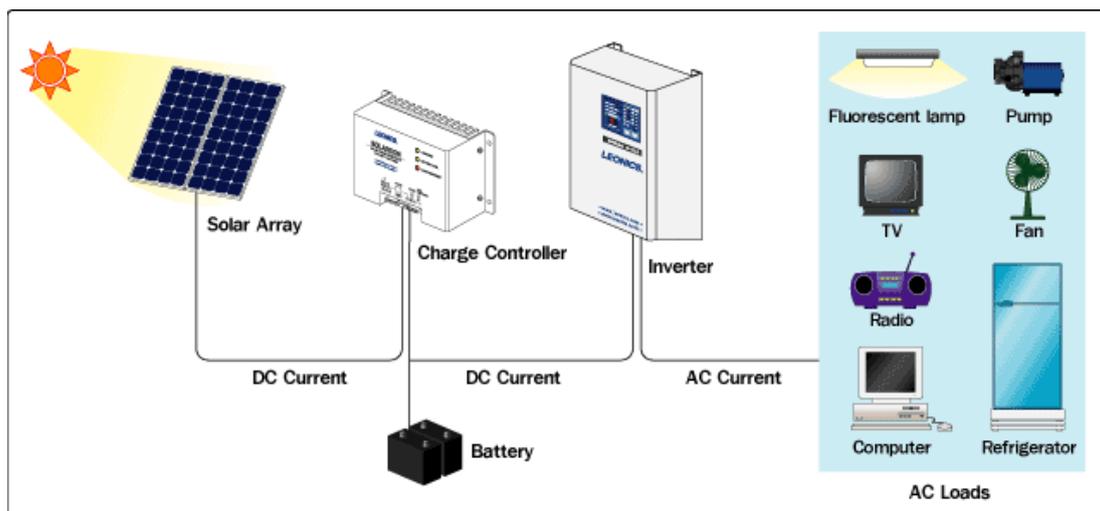
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. PLTS Skala Rumah Tangga

Pada saat ini kapasitas daya sel surya yang terpasang di Indonesia hampir sekitar 5 Mega-Watt-peak (MWp). Sebagian besarnya dimanfaatkan sebagai penerangan rumah di daerah-daerah yang terpencil sebagai PLTS skala rumah tangga atau yang biasa dikenal sebagai *Solar Home System* (SHS). Selbihnya diterapkan sebagai pembangkit listrik sistem hibrid PLTS dan diesel atau PLTS dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB), sistem koneksi sel surya dengan jaringan listrik (*PV-grid connection systems*) dan lain-lain.

*Solar Home System* (SHS) yang diterapkan untuk daerah-daerah terpencil di Indonesia menggunakan modul sel surya kapasitas daya 50 Wp. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul sel surya pada siang hari disimpan di dalam baterai untuk digunakan pada malam harinya. Baterai yang digunakan ada jenis asam timbal (*lead acid battery*) tipe *deep discharge* dan ada juga yang menggunakan baterai tipe *shallow discharge* (aki mobil) yang dapat dengan mudah diperoleh di pasaran. Perbedaan kedua tipe baterai tersebut terletak pada kapasitas daya listrik yang diperbolehkan untuk dimanfaatkan (dalam %) atau yang dikenal dengan DOD (*depth of discharge*). Pada umumnya baterai tipe *deep discharge* mempunyai DOD sebesar 40% atau lebih, sedangkan tipe *shallow discharge* mempunyai DOD hanya sekitar 25%. Untuk menjaga agar baterai tetap pada kondisi yang baik, maka SHS dilengkapi dengan BCR (*battery charge regulator*), dimana BCR ini berfungsi sebagai pembatas penggunaan energi listrik baterai yang berlebihan oleh beban (lampu, radio/tape, dan lain-lain), atau sebagai pembatas pengisian energi listrik oleh modul sel surya ke baterai. Untuk sistem SHS 12 volt, maka tegangan BCR yang digunakan juga sebesar 12 volt, sedangkan kapasitas arus listrik dari BCR disesuaikan juga dengan arus hubung-singkat (*short circuit current, Isc*) dari modul sel surya yang akan digunakan dan ditambah 10% dari nilai *Isc*.

Gambar berikut adalah diagram instalasi pemasangan PLTS skala rumah tangga.



Gambar 1. *Solar Home System*

Contoh perhitungan perancangan PLTS skala rumah tangga:

a. Kapasitas Modul Surya

Bila diketahui daya yang dibutuhkan suatu rumah sebesar 2876 Wh, maka kapasitas modul surya yang akan dipakai dengan asumsi penyerapan energi radiasi matahari selama 5 jam adalah:

$$\text{Modul surya (Wp)} = \frac{\text{Kebutuhan daya (Wh)}}{\text{Lama penyerapan (Jam)}} = \frac{2876 \text{ Wh}}{5 \text{ Jam}} = 575,2 \text{ Wp}$$

Maka jumlah modul surya yang dibutuhkan adalah 6 buah modul surya dengan kapasitas masing-masing modul sebesar 100 Wp.

b. Baterai

Kapasitas baterai 24 V, 200 Ah = 24 V x 200 Ah = 4800 Wh

$$\text{Lama pemakaian (Jam)} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Wh)}}{\text{Kebutuhan Daya (wh)}} = \frac{4800 \text{ Wh}}{2876 \text{ Wh}} = 2,876 \text{ jam}$$

c. Solar Charge Controller

Kapasitas arus solar charge controller = short circuit current x 2 unit baterai = 6,06 A x 2 = 12,12 A

d. Inverter

Besarnya kapasitas inverter harus lebih besar dari total beban yang gunakan, jadi berdasarkan total beban harus lebih besar dan tidak boleh kurang dari beban yang akan digunakan. Rentang inverter yang digunakan sekitar 600 – 1000 Watt. Gelombang listrik AC yang dihasilkan adalah gelombang sinus yang tidak sempurna pada saat pengukuran atau tidak sama dengan gelombang sinus yang dihasilkan oleh PLN, ini dikarenakan karakter inverter yang digunakan masih diperlukan penyempurnaan lebih lanjut.

**3.2. PLTS Skala Rumah Tangga Terhubung Jaringan Listrik PLN (On Grid)**

Sistem PLTS skala rumah tangga yang tersambung grid didesain menggunakan rangkaian seperti Gambar berikut ini:



**Gambar 2. Solar Home System On Grid**

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan untuk PLTS skala rumah tangga *on grid* tidak jauh berbeda dengan PLTS skala rumah tangga yang tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN. Yang membedakan hanyalah pada sistem terintegrasi jaringan, terdapat kWh meter exim (expor-impor) untuk memonitor besarnya daya listrik yang dikirim dan diterima oleh PLTS.

Dengan mengetahui pola karakteristik keluaran sistem PLTS dan beban rumah maka dapat diperhitungkan pengontrolan agar nilai total daya PLTS dapat memenuhi beban dalam periode tertentu, sehingga hanya terjadi peminjaman/penyimpanan sementara energi listrik pada sistem jaringan tenaga listrik. Pada saat cuaca mendung atau hujan, maka daya yang dibangkitkan oleh PLTS kecil sehingga tidak dapat menutupi kebutuhan beban saat itu, tetapi saat cuaca cerah dan radiasi matahari tinggi sehingga keluaran PLTS pada kondisi maksimum dan melebihi dari nilai beban rumah, maka daya yang berlebih tersebut dapat disalurkan ke jaringan tenaga listrik PLN. Besarnya daya yang dipasok dari grid untuk beban rumah dan besarnya daya yang diberikan sistem PLTS ke grid tersebut yang dikontrol agar bernilai total sama dalam periode tertentu.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya skala rumah tangga terintegrasi jaringan, faktor yang sangat berpengaruh terhadap lamanya PLTS skala rumah tangga beroperasi adalah faktor cuaca dan beban. Intensitas sinar matahari yang diterima oleh PLTS skala rumah tangga akan rendah pada saat langit berawan atau mendung, dan intensitas sinar matahari tersebut akan tinggi pada saat langit cerah.

Jika beban yang digunakan rendah maka PLTS skala rumah tangga dapat beroperasi relatif lebih lama dalam menyuplai listrik ke beban, sedangkan sebaliknya jika beban yang digunakan tinggi, maka PLTS skala rumah tangga tidak akan dapat beroperasi lama dalam menyuplai listrik ke beban.

#### **4. KESIMPULAN**

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya skala rumah tangga diperlukan perhitungan kapasitas modul surya, kapasitas baterai, *solar charge controller* dan inverter. Untuk kebutuhan daya 2876 Wh, diperlukan 6 buah modul surya dengan masing-masing kapasitas 100 Wp dan 2 buah baterai dengan kapasitas 24 V × 200 Ah.
2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya skala rumah tangga terintegrasi jaringan, faktor yang sangat berpengaruh terhadap lamanya PLTS skala rumah tangga beroperasi adalah faktor cuaca dan beban. Intensitas sinar matahari yang diterima oleh PLTS skala rumah tangga akan rendah pada saat langit berawan atau mendung dan intensitas sinar matahari tersebut akan tinggi pada saat langit cerah.
3. Jika beban yang digunakan rendah maka PLTS skala rumah tangga dapat beroperasi relatif lebih lama dalam menyuplai listrik ke beban, sedangkan sebaliknya jika beban yang digunakan tinggi, maka PLTS skala rumah tangga tidak akan dapat beroperasi lama dalam menyuplai listrik ke beban.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua STT-PLN, kepala LPPM dan kepada Kepala Departemen Elektro yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pujotomo, (2017). I. Clean Coal Technology Using Dens Medium Cyclone and Magnetite. american Scientific Publisher, ASL, 2376-2378.
- [2] Slamet, (2008). A. Global Warming Bagi Profesi Insinyur. Seminar Persatuan Insinyur Indonesia (PII). Surabaya: PII.
- [3] Muslim, H. S., (2008). Teknik Pembangkit Tenaga Listrik. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional.
- [4] Hasan, H. (Juli-Desember, 2012). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi. hal. 169-180.
- [5] Retnanestri, M., (2004) Off-Grid Photovoltaic Applications in Indonesia: A Framework for Analysis. Sydney: The University of New South Wales.
- [6] B2TE, (2008) Standar dan Sertifikasi Kom[onen Sistem PLTS. Workshop Peran PV Dalam Penyediaan Energi Listrik Di Indonesia. Jakarta: B2TE.