

ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBANTUAN PROGRAM SYSTEM SIZING ESTIMATOR

Saldi Eko Dwi Saputro¹⁾, Yandri, ST, MT²⁾, Ir. Kho Hie Khwee, MT³⁾
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
e-mail: saldieko28@gmail.com¹⁾

ABSTRAK

Hasil eksekusi program *System Sizing Estimator*, untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA membutuhkan total daya modul / panel surya sebesar 780 Wp dan dengan jumlah baterai sebanyak 19 buah (masing-masing baterai berkapasitas 12 V/105 Ah), sedangkan untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 900 VA membutuhkan total daya modul / panel surya sebesar 807 Wp dan dengan jumlah baterai sebanyak 20 buah (masing-masing baterai berkapasitas 12 V/105 Ah). Jika digunakan modul surya jenis Polikristalin sebesar 100 Wp, maka untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA membutuhkan modul surya sebanyak 8 buah, sedangkan untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 900 VA membutuhkan modul surya sebanyak 9 buah. Berdasarkan hasil perhitungan manual untuk penentuan kapasitas *Solar Charge Controller*, diperoleh untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA membutuhkan *Solar Charge Controller* dengan kapasitas arus sebesar 50 A menggunakan tegangan ganda 12 V/24 V. Sedangkan untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 900 VA membutuhkan *Solar Charge Controller* dengan kapasitas arus sebesar 60 A menggunakan tegangan ganda 12 V/24 V. Berdasarkan hasil perhitungan manual untuk penentuan kapasitas *Inverter*, diperoleh untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA membutuhkan *Inverter* dengan daya nominal 500 W (tegangan *input* 12 VDC/24 VDC dan tegangan *output* 110 VAC/220 VAC). Sedangkan untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 900 VA membutuhkan *Inverter* dengan daya nominal 1000 W (tegangan *input* 12 VDC/24 VDC/48 VDC dan tegangan *output* 110 VAC/220 VAC). Berdasarkan hasil perhitungan manual, jumlah modul surya dan baterai yang digunakan untuk beban 450 VA dan 900 VA tidak terlalu jauh berbeda, hal ini disebabkan oleh perbedaan jumlah penghuni masing-masing rumah tangga (5 orang untuk 450 VA dan 3 orang untuk 900 VA). Semakin banyak jumlah orang maka semakin besar daya dan energi listrik yang dipakai.

Kata kunci: program *System Sizing Estimator*, modul / panel surya, baterai, *Solar Charge Controller*, *Inverter*

1. Latar Belakang

Kebutuhan akan energi semakin lama semakin meningkat sebagaimana laju pertumbuhan pembangunan. Begitu juga dengan kebutuhan energi listriknya, hampir di setiap bidang pembangunan membutuhkan energi listrik bagi proses kegiatannya. Selain industry, sektor-sektor lain juga sangat memerlukan energi listrik, salah satunya yaitu untuk keperluan rumah tangga. Dengan demikian jelaslah bahwa penggunaan energi listrik semakin lama semakin meningkat, namun peningkatan kebutuhan energi listrik ini perlu diimbangi dengan upaya pencarian sumber energi baru. Salah satu upaya ke arah itu yaitu dengan memanfaatkan energi surya.

Melihat kriteria tersebut di atas, penggunaan PLTS sebagai energi cadangan merupakan suatu pilihan yang perlu dipertimbangkan. Perencanaan PLTS biasanya dilakukan melalui langkah perhitungan untuk tiap komponen yang

dibutuhkan. Perencanaan dimulai dengan mengetahui terlebih dahulu besarnya daya peralatan listrik konsumen dan lama waktu pemakaian untuk mengetahui besarnya energi listrik. Selanjutnya melakukan perhitungan besarnya kapasitas tiap komponen PLTS yang mencakup *Inverter* (jika bebannya arus bolak-balik), baterai, *Battery Charge Controller*, dan modul surya.

Program yang digunakan dalam perencanaan PLTS dominan menggunakan perangkat lunak yang berasal dari luar negeri seperti HOMER dimana menggunakan versi Bahasa Inggris. Penulis dalam hal ini ingin mencoba menerapkan program *System Sizing Estimator*, salah satu program simulasi PLTS menggunakan versi Bahasa Indonesia yang dirilis oleh Solar Surya Indonesia (SSI). Program ini dapat diakses melalui situs www.solarsuryaindonesia.com/simulator. Namun kapasitas komponen PLTS yang ditentukan menggunakan program ini hanya

sebatas penentuan kapasitas modul surya dan baterai, jadi belum mengikutsertakan penentuan kapasitas *Solar Charge Controller* dan *Inverter* (jika bebannya arus bolak-balik / AC).

2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.1 Umum

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya / energi matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan.

PLTS terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

- Modul Surya, yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik arus searah.
- Baterai, yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya.
- *Solar Charge Controller*, yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai.

Inverter, yang berfungsi untuk mengubah listrik arus searah menjadi arus bolak-balik.

2.2 Sel Surya

Sel surya adalah peralatan yang mengkonversi energi matahari menjadi listrik arus searah (*Direct Current*). Bentuk sel surya yang paling umum didasarkan pada efek *photovoltaic* (PV).

Bila sel surya ditempatkan di bawah cahaya matahari maka foton-foton yang dipancarkan oleh matahari akan mengenai permukaan sel surya dan terus menembus ke sambungan *p-n* (*p-njunction*). Foton matahari menggerakkan elektron bebas dan lubang (*hole*) tersebut. Di daerah *p-n* inilah terjadi produksi listrik. Elektron dan *hole* selanjutnya mengalir melalui kontak-kontak listrik yang dibuat pada bagian atas dan bawah sel.

2.3 Kristal Sel Surya

2.3.1 Jenis-Jenis Kristal Sel Surya

Sel-sel surya dapat dibuat dari berbagai macam bahan semikonduktor dengan jenis kristal yang berbeda-beda antara lain:

- ✓ Silikon (Si) – termasuk diantaranya Si monokristalin, Si polikristalin, dan Si amorph.
- ✓ Lapisan tipis polikristalin – diantaranya adalah, copper indium diselenida (CIS), cadmium tellurida (CdTe), dan lapisan tipis silikon.

Lapisan tipis (*thin film*) monokristalin – termasuk diantaranya, bahan berefisiensi tinggi seperti gallium arsenida (GaAs).

2.3.1 Jenis Kristal Silikon Sel Surya

Kristal silikon dapat dibuat dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Semakin tinggi kadar kemurnian silikon yang dipakai untuk pembuatan sel surya maka semakin baik pula efisiensinya dalam mengubah energi matahari menjadi listrik.

Adapun jenis sel surya dengan bahan silikon yaitu:

- ✓ **Sel Silikon Monokristalin**
Sel monokristalin yang berada dipasaran memiliki efisiensi sebesar 15%. Silikon monokristalin memiliki kemurnian yang sangat tinggi dan struktur kristal yang hampir sempurna.
- ✓ **Sel Silikon Polikristalin**
Sel polikristalin ini kadang disebut juga sel multikristalin. Sel polikristalin memiliki efisiensi yang lebih rendah dengan rata-rata sekitar 12%.
- ✓ **Silikon Amorph**
Sel-sel silikon amorph tersusun dari atom-atom silikon dalam sebuah lapisan homogen yang tipis dan bukan berupa kristal namun dapat menyerap sinar matahari dengan baik. Di samping itu, silikon amorph juga dikenal dengan sebutan teknologi PV lapisan tipis atau "*thin film*". Silikon amorph memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada sel-sel kristalin lainnya dan umumnya sekitar 6%.

✓ **Teknologi Lapisan Tipis (*Thin Film*)**

Pengembangan teknologi bahan sel surya *thin film* adalah Cadmium Tellurida (CdTe), Cadmium sulfida, Copper Indium Diselenida (CIS) dan Gallium Arsenida. Sel-sel *thin film* sangat fleksibel, bisa dipasang pada berbagai bentuk permukaan baik yang rata maupun melengkung. Oleh karena itu *thin film* sangat fleksibel untuk berbagai macam aplikasi.

2.4 Modul Surya, Panel, Array

2.4.1 Modul Surya

Modul Surya terdiri dari kepingan-kepingan sel surya yang disusun dengan jumlah dan kapasitas tertentu sehingga menghasilkan arus dan tegangan yang berbeda sesuai kebutuhan yang diinginkan.

2.4.2 Panel Surya

Panel surya merupakan gabungan beberapa modul surya. Jika aplikasi membutuhkan daya dalam jumlah yang lebih tinggi dari yang disediakan oleh suatu modul, maka modul dapat dihubungkan seri dan paralel untuk memenuhi besar tegangan dan daya dari beban.

2.4.3 Array

Jika sebuah aplikasi membutuhkan daya dalam jumlah yang lebih tinggi dari pada yang dapat disediakan oleh satu panel saja maka diperlukan sistem-sistem yang lebih besar untuk hal tersebut. Sistem ini dibuat dengan menghubungkan beberapa buah panel. Penambahan jumlah panel akan menyebabkan konfigurasi sistem menjadi lebih kompleks. Gabungan beberapa panel surya disebut *array*.

2.5 Baterai

Baterai adalah perangkat yang dapat mengubah energi kimia langsung menjadi energi listrik. Bagian utama baterai terdiri dari elektrolit dan pelat-pelat yang berisi bahan aktif. Pada umumnya baterai terbagi menjadi dua kelompok :

a. *Baterai primer* yang memiliki siklus perubahan energi kimia menjadi energi listrik yang tak dapat berulang (tidak

dapat diisi ulang). Contoh baterai primer adalah baterai *Zinc-carbon*, *Zinc-chloride*, *Alkaline*, *Lithium-ion disulphide*, *Mercury*, dan sebagainya.

b. *Baterai sekunder* yang dapat diisi ulang, yang mana pada reaksi kimianya dapat diulang kembali dengan mencatu listrik pada sel-selnya. Contoh baterai sekunder adalah baterai Asam Timbal (*Lead Acid*), *Nickel-cadmium*, *Nickel-Metal hydride*, *Lithium-ion*, *Lithium polymer* dan sebagainya.

Ada beberapa tipe baterai yang sekarang umum digunakan pada PLTS di Indonesia. Jenis baterai tersebut diantaranya adalah :

a. Baterai VLA (*Vented Lead Acid*)

Baterai ini mirip seperti aki pada kendaraan bermotor, sedangkan bedanya terdapat pada tebal lempengan elektroda yang digunakan.

Kelebihan baterai VLA adalah harganya yang murah dan umur yang lebih lama (dengan perawatan yang tepat). Sedangkan kekurangannya adalah memerlukan perawatan berkala, tidak cocok di temperatur yang rendah dan timbulnya gas saat *overcharge*.

b. Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*)

Baterai jenis ini bersifat tertutup (*sealed*), sehingga penguapan yang dikeluarkan sangat kecil, dengan kata lain sangat sedikit senyawa / bahan yang dapat keluar / masuk baterai, dengan demikian tidak memerlukan penambahan cairan elektrolit selama masa pemakaian baterai tersebut.

Terdapat 2 (dua) jenis baterai VRLA :

✓ **Gel**

Pada jenis ini elektrolit di dalam baterai berada pada bentuk gel dengan penambahan bahan tertentu.

✓ **AGM**

Pada jenis ini AGM (*Absorbed Glass Mat*) elektrolit terserap di sebuah material namanya *glass mat*.

2.6 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang mengatur aliran listrik dari modul surya ke baterai dan beban. *Solar Charge Controller* menjaga agar baterai tetap terisi penuh tanpa

berlebihan (*overcharge*). Ketika beban sedang menarik daya, *Solar Charge Controller* memungkinkan arus listrik mengalir dari modul ke baterai. Ketika pengontrol menyensor bahwa baterai telah terisi penuh maka *Solar Charge Controller* akan menghentikan aliran arus dari modul. *Solar Charge Controller* juga menyensor bilamana terlalu banyak energi listrik ditarik beban sehingga baterai hampir kosong. Ketika hal itu terjadi, *Solar Charge Controller* akan menghentikan aliran listrik sampai muatan di dalam baterai terisi kembali.

2.7 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan arus searah (*Direct Current*) menjadi tegangan bolak-balik (*Alternating Current*). Output suatu *inverter* dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan input *inverter* dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber DC yang lain.

Jenis-jenis *inverter* dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a. Berdasarkan **jumlah fasa** dapat dibedakan dalam :

- ***Inverter 1 fasa***, yaitu *inverter* dengan output 1 fasa.

- ***Inverter 3 fasa***, yaitu *inverter* dengan output 3 fasa.

b. Berdasarkan cara **pengaturan tegangannya**, yaitu :

- ***Voltage Fed Inverter (VFI)*** yaitu *inverter* dengan tegangan input yang diatur konstan.

- ***Current Fed Inverter (CFI)*** yaitu *inverter* dengan arus input yang diatur konstan.

- ***Variable DC Linked Inverter*** yaitu *inverter* dengan tegangan input yang dapat diatur.

c. Berdasarkan **bentuk gelombang outputnya**, dapat dibedakan menjadi :

- ***Sine Wave Inverter***, yaitu *inverter* yang memiliki tegangan output dengan bentuk gelombang sinus murni. *Inverter* jenis ini dapat memberikan suplai tegangan ke beban induktif dengan efisiensi daya yang baik.

- ***Sine Wave Modified Inverter***, yaitu *inverter* dengan tegangan output berbentuk

gelombang kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. *Inverter* jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah apabila digunakan untuk mensuplai beban induktif.

- ***Square Wave Inverter***, yaitu *inverter* dengan output berbentuk gelombang kotak, *inverter* jenis ini tidak dapat digunakan untuk mensuplai tegangan ke beban induktif

3. Program Simulasi System Sizing Estimator

3.1 Umum

Program simulasi ini merupakan alat bantu untuk menghitung besarnya kapasitas panel surya dan baterai dalam mendesain suatu PLTS. Program ini dirilis oleh Solar Surya Indonesia (SSI) yang beralamat di Ruko Greenville Blok A No. 1, Jalan Greenville Raya, Duri Kepa, Jakarta Barat 11510 .


3.2 Tampilan Menu Program

Tampilan menu program simulasi *System Sizing Estimator* pada kondisi *default* diperlihatkan pada gambar 3.2.

PLTS - System Sizing Estimator	
Lighting / Lampu penerangan :	
Hitung watt lampu kali jumlah titik yang akan digunakan dalam sistem PLTS. Contoh: 5 titik lampu 10 watt = 50 watt. Utamakan menggunakan lampu berbasis LED dengan efisiensi & mutu yang baik.	200 watts
Berapa Jam per hari Lampu digunakan?	3 hours
Televisi LCD/LED :	
Pilih ukuran layar TV, estimasi berdasarkan pada LCD/LED TV dan konsumsi daya rata-rata dari berbagai merk. Televisi jenis CRT tidak direkomendasikan, karena konsumsi daya yang tidak ekonomis.	25 to 27 inch
Berapa Jam per hari Televisi digunakan?	4 hours
Computers :	
Monitor LCD menggunakan watt lebih kecil dari jenis CRT. Printer dan / atau Speaker aktif akan meningkatkan konsumsi watt..	DeskTop CRT
Berapa Jam per hari komputer digunakan?	3 hours
Refrigerators / Kulkas :	
Pilih kulkas dalam ukuran kubik, bila digunakan icemaker, pilih ukuran yang lebih besar berikutnya.	12 cubic feet
Berapa banyak orang yang menggunakannya? 2 orang rata-rata penggunaan (run time 35%).	(2) average use
Items WattHours - Minutes :	
Bagian ini untuk menambahkan penggunaan daya 25-1500 watt untuk perangkat / peralatan yang tidak terdapat dalam daftar, dengan waktu penggunaan dalam Menit.	400 watt device
Berapa menit per hari perangkat digunakan?	30 minutes
Items WattHours - Hourly :	
Bagian ini untuk menambahkan penggunaan daya 25-1500 watt untuk perangkat / peralatan yang tidak terdapat dalam daftar, dengan waktu penggunaan dalam Jam.	400 watt device
Berapa jam per hari perangkat digunakan?	1 hour
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="RESET"/> <input type="button" value="Not USED"/> <input type="button" value="Min values"/> <input type="button" value="Max values"/>	

Ringkasan WattHours yang diperlukan peralatan			
?	Lighting - Penerangan Watts	=	Watt
?	LCD / LED Television Watts	=	Watt
?	Computer System Watts	=	Watt
?	Refrigerator / Kulkas Watts	=	Watt
?	Items WattHours - Minutes	=	Watt
?	Items WattHours - Hourly	=	Watt
Ringkasan Total WattHours yang diperlukan			
?	Total daily WattHours required	=	
?	WattHours required for 3 days	=	
?	WattHours of 50% Battery Discharge capacity	=	
Ringkasan Komponen PLTS yang diperlukan			
?	*Jumlah Solar Panel - Watt Peaks	=	WP
?	*Jumlah Baterai @12v / 105Ah	=	Pcs
Battery Bank - Kuat Arus dalam Ah yang diperlukan - Ah			
?	12 Volt	24 Volt	48 Volt

Gambar 3.2. Tampilan menu program simulasi *System Sizing Estimator* berdasarkan sampel beban yang diambil

Langkah penggunaan adalah dengan memilih perangkat beban listrik dan lama waktu pemakaian sesuai kebutuhan. Khusus untuk peralatan yang tidak terdapat dalam daftar dapat ditentukan pada bagian “Items WattHours” dengan daya dan lama waktu pemakaiannya, lalu klik tombol “Calculate”. Klik tombol “RESET” untuk mereset kalkulator dan pilih tombol “Not USED” untuk perangkat yang tidak digunakan, serta klik tombol  untuk bantuan / informasi.

Jika diklik tombol “Calculate”, maka hasil eksekusi program simulasi dapat dilihat pada gambar 3.3.

Ringkasan WattHours yang diperlukan peralatan			
?	Lighting - Penerangan Watts	= 200	= 600 Watt
?	LCD / LED Television Watts	= 90	= 360 Watt
?	Computer System Watts	= 140	= 420 Watt
?	Refrigerator / Kulkas Watts	= 140	= 1120 Watt
?	Items WattHours - Minutes	= 400	= 200 Watt
?	Items WattHours - Hourly	= 400	= 400 Watt
Ringkasan Total WattHours yang diperlukan			
?	Total daily WattHours required	=	3100
?	WattHours required for 3 days	=	9300
?	WattHours of 50% Battery Discharge capacity	=	18600
Ringkasan Komponen PLTS yang diperlukan			
?	*Jumlah Solar Panel - Watt Peaks	=	620 WP
?	*Jumlah Baterai @12v / 105Ah	=	15 Pcs
Battery Bank - Kuat Arus dalam Ah yang diperlukan - Ah			
?	12 Volt	24 Volt	48 Volt
	1550	775	387

Gambar 3.3. Hasil eksekusi program simulasi *System Sizing Estimator* berdasarkan sampel beban yang diambil

4. DATA, SIMULASI, DAN ANALISIS

4.1 Obyek Penelitian

Adapun yang menjadi obyek dalam penelitian ini adalah rumah tangga di Kota Pontianak dengan daya terpasang 450 VA dan 900 VA dimana masing-masing diambil sebanyak 1 (satu) sampel.

4.1.1. Data Beban Harian Rumah Tangga dengan Daya Terpasang 450 VA

Berikut adalah data beban harian rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA dengan jumlah penghuni sebanyak 5 orang.

Tabel 4.1. Data beban harian rumah tangga (daya terpasang 450 VA)

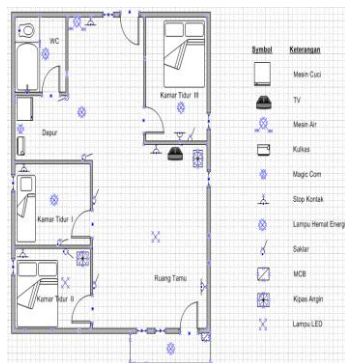
No	Nama peralatan listrik	Jumlah (buah)	Posisi	Daya (watt)	Lama waktu pemakaian per hari (jam)
1.	Lampu LED	1	Kamar tidur I	7	12
			Ruang tamu	13	4
2.	Lampu Hemat Energi (LHE)	1	Teras	10	12
			Kamar tidur II	15	12
			Kamar tidur III	15	4
			Dapur	20	4
		1	WC	10	0,5
3.	TV tabung / CRT 21" (Sharp)	1	Ruang tamu	82	6
4.	Kulkas 2 pintu (Sharp), 173 liter	1	Dapur	100	24
5.	Mesin air (Panasonic)	1	Dapur	125	1
6.	Mesin cuci (Sanyo)	1	Dapur	350	1
7.	Magic com (Yong Ma)	1	Dapur	350	0,5
				58	12
				(memasak)	
				45	(memasakan)
8.	Kipas angin (Miyako)	1	Ruang tamu	45	4
			Kamar tidur II	45	4
9.	Laptop (Acer)	1	Sesuai kebutuhan	48	2
10.	Seterika	1	Sesuai kebutuhan	300	0,5

Karakteristik bebannya ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Karakteristik bebanharian rumah tangga (daya terpasang 450 VA)

No	Waktu (WIB)	Daya (watt)	No	Waktu (WIB)	Daya (watt)
1	00.00 – 00.30	132	25	12.00 – 12.30	251
2	00.30 – 01.00	132	26	12.30 – 13.00	251
3	01.00 – 01.30	132	27	13.00 – 13.30	251
4	01.30 – 02.00	132	28	13.30 – 14.00	251
5	02.00 – 02.30	132	29	14.00 – 14.30	285
6	02.30 – 03.00	132	30	14.30 – 15.00	285
7	03.00 – 03.30	132	31	15.00 – 15.30	285
8	03.30 – 04.00	132	32	15.30 – 16.00	285
9	04.00 – 04.30	147	33	16.00 – 16.30	285
10	04.30 – 05.00	147	34	16.30 – 17.00	285
11	05.00 – 05.30	147	35	17.00 – 17.30	320
12	05.30 – 06.00	147	36	17.30 – 18.00	320
13	06.00 – 06.30	350	37	18.00 – 18.30	320
14	06.30 – 07.00	350	38	18.30 – 19.00	320
15	07.00 – 07.30	240	39	19.00 – 19.30	320
16	07.30 – 08.00	240	40	19.30 – 20.00	320
17	08.00 – 08.30	240	41	20.00 – 20.30	352
18	08.30 – 09.00	240	42	20.30 – 21.00	352
19	09.00 – 09.30	283	43	21.00 – 21.30	307
20	09.30 – 10.00	283	44	21.30 – 22.00	307
21	10.00 – 10.30	400	45	22.00 – 22.30	132
22	10.30 – 11.00	158	46	22.30 – 23.00	132
23	11.00 – 11.30	158	47	23.00 – 23.30	132
24	11.30 – 12.00	158	48	23.30 – 24.00	132

Sedangkan gambar instalasinya diperlihatkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Gambar instalasi listrik rumah tangga (daya terpasang 450 VA)

4.1.2. Data Beban Harian Rumah Tangga dengan Daya Terpasang 900 VA

Berikut adalah data beban harian rumah tangga dengan daya terpasang 900 VA dengan jumlah penghuni sebanyak 3 orang.

Tabel 4.3. Data bebanharian rumah tangga (daya terpasang 900 VA)

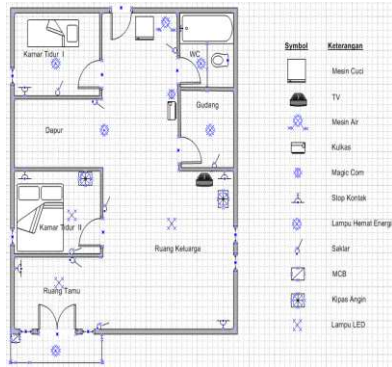
No	Nama peralatan listrik	Jumlah (buah)	Posisi	Daya (watt)	Lama waktu pemakaian per hari (jam)
1.	Lampu LED	1	Ruang tamu	12	6
		1	Kamar tidur I	5	12
		1	Kamar tidur II	5	12
		1	Ruang keluarga	10	6
		1	Teras	15	12
2.	Lampu Hemat Energi (LHE)	1	Dapur	20	6
		1	Gudang	10	0,5
		1	WC	10	0,5
3.	TV LED 22" (LG)	1	Ruang keluarga	112	6
4.	Kulkas (LG) 155 liter	1	Dapur	95	24
5.	Mesin air (Panasonic)	1	Dapur	125	1
6.	Mesin cuci (Sanyo)	1	Dapur	350	1
7.	Magic com (Yong Ma)	1	Dapur	350	1
				58	12
				55	4
8.	Kipas angin (Maspion)	1	Ruang keluarga	55	4
		1	Kamar tidur II	55	4
9.	Laptop (Acer)	1	Sesuai kebutuhan	48	3
10.	Setrika	1	Sesuai kebutuhan	350	1

Karakteristik bebannya ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Karakteristik bebanharian rumah tangga (daya terpasang 900 VA)

No	Waktu (WIB)	Daya (watt)	No	Waktu (WIB)	Daya (watt)
1	00.00 – 00.30	115	25	12.00 – 12.30	315
2	00.30 – 01.00	115	26	12.30 – 13.00	315
3	01.00 – 01.30	115	27	13.00 – 13.30	315
4	01.30 – 02.00	115	28	13.30 – 14.00	315
5	02.00 – 02.30	115	29	14.00 – 14.30	315
6	02.30 – 03.00	115	30	14.30 – 15.00	315
7	03.00 – 03.30	115	31	15.00 – 15.30	665
8	03.30 – 04.00	115	32	15.30 – 16.00	665
9	04.00 – 04.30	150	33	16.00 – 16.30	265
10	04.30 – 05.00	150	34	16.30 – 17.00	265
11	05.00 – 05.30	150	35	17.00 – 17.30	315
12	05.30 – 06.00	150	36	17.30 – 18.00	315
13	06.00 – 06.30	682	37	18.00 – 18.30	332
14	06.30 – 07.00	682	38	18.30 – 19.00	332
15	07.00 – 07.30	615	39	19.00 – 19.30	332
16	07.30 – 08.00	615	40	19.30 – 20.00	332
17	08.00 – 08.30	265	41	20.00 – 20.30	310
18	08.30 – 09.00	265	42	20.30 – 21.00	360
19	09.00 – 09.30	265	43	21.00 – 21.30	360
20	09.30 – 10.00	265	44	21.30 – 22.00	312
21	10.00 – 10.30	363	45	22.00 – 22.30	312
22	10.30 – 11.00	363	46	22.30 – 23.00	150
23	11.00 – 11.30	363	47	23.00 – 23.30	150
24	11.30 – 12.00	315	48	23.30 – 24.00	115

Sedangkan gambar instalasinya diperlihatkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Gambar instalasi listrik rumah tangga (daya terpasang 900 VA)

4.2 Eksekusi Program

4.2.1. Eksekusi Program Beban Harian Rumah Tangga 450 VA

Data masukan dan hasil eksekusi program *System Sizing Estimator* untuk beban harian rumah tangga 450 VA diperlihatkan pada gambar 4.3.

PLTS - System Sizing Estimator	
Lighting / Lampu penerangan :	
Hitung watt lampu kali jumlah titik yang akan digunakan dalam sistem PLTS, Contoh: 5 titik lampu 10 watt = 50 watt. Utamakan menggunakan lampu berbasis LED dengan efisiensi & mutu yang baik.	50 watts
Berapa Jam per hari Lampu digunakan?	4 hours
Televisi LCD/LED :	
Pilih ukuran layar TV, estimasi berdasarkan pada LCD/LED TV dan konsumsi daya rata-rata dari berbagai merk. Televisi jenis CRT tidak direkomendasikan, karena konsumsi daya yang tidak ekonomis.	25 to 27 inch
Berapa Jam per hari Televisi digunakan?	NOT USED
Computers :	
Monitor LCD menggunakan watt lebih kecil dari jenis CRT. Printer dan / atau Speaker aktif akan meningkatkan konsumsi watt..	Laptop LCD
Berapa Jam per hari komputer digunakan?	2 hours
Refrigerators / Kulkas :	
Pilih kulkas dalam ukuran kubik, bila digunakan icemaker, pilih ukuran yang lebih besar berikutnya.	4 to 5 cubic feet
Berapa banyak orang yang menggunakannya? 2 orang rata-rata penggunaan (run time 35%).	(4+) heavy use
Items WattHours - Minutes :	
Bagian ini untuk menambahkan penggunaan daya 25-1500 watt untuk perangkat / peralatan yang tidak terdapat dalam daftar, dengan waktu penggunaan dalam Menit.	700 watt device
Berapa menit per hari perangkat digunakan?	30 minutes
Items WattHours - Hourly :	
Bagian ini untuk menambahkan penggunaan daya 25-1500 watt untuk perangkat / peralatan yang tidak terdapat dalam daftar, dengan waktu penggunaan dalam Jam.	200 watt device
Berapa jam per hari perangkat digunakan?	12 hours

Calculate	RESET	Not USED	Min values	Max values
Ringkasan WattHours yang diperlukan peralatan				
? Lighting - Penerangan Watts	= 50	= 200	Watt	
? LCD / LED Television Watts	= 90	= 0	Watt	
? Computer System Watts	= 75	= 150	Watt	
? Refrigerator / Kulkas Watts	= 80	= 800	Watt	
? Items WattHours - Minutes	= 700	= 350	Watt	
? Items WattHours - Hourly	= 200	= 2400	Watt	
Ringkasan Total WattHours yang diperlukan				
? Total daily WattHours required	=	3900		
? WattHours required for 3 days	=	11700		
? WattHours of 50% Battery Discharge capacity	=	23400		
Ringkasan Komponen PLTS yang diperlukan				
? *Jumlah Solar Panel - Watt Peaks	=	780	WP	
? *Jumlah Baterai @12v / 105Ah	=	19	Pcs	
Battery Bank - Kuat Arus dalam Ah yang diperlukan - Ah				
? 12 Volt	24 Volt	48 Volt		
1950	975	487		

Gambar 4.3. Hasil eksekusi program untuk beban rumah tangga 450 VA

4.2.2. Eksekusi Program Beban Harian Rumah Tangga 900 VA

Data masukan dan hasil eksekusi program *System Sizing Estimator* untuk beban harian rumah tangga 900 VA diperlihatkan pada gambar 4.4.

PLTS - System Sizing Estimator	
Lighting / Lampu penerangan :	
Hitung watt lampu kali jumlah titik yang akan digunakan dalam sistem PLTS, Contoh: 5 titik lampu 10 watt = 50 watt. Utamakan menggunakan lampu berbasis LED dengan efisiensi & mutu yang baik.	50 watts
Berapa Jam per hari Lampu digunakan?	6 hours
Televisi LCD/LED :	
Pilih ukuran layar TV, estimasi berdasarkan pada LCD/LED TV dan konsumsi daya rata-rata dari berbagai merk. Televisi jenis CRT tidak direkomendasikan, karena konsumsi daya yang tidak ekonomis.	19 to 23 inch
Berapa Jam per hari Televisi digunakan?	6 hours
Computers :	
Monitor LCD menggunakan watt lebih kecil dari jenis CRT. Printer dan / atau Speaker aktif akan meningkatkan konsumsi watt..	Laptop LCD
Berapa Jam per hari komputer digunakan?	3 hours
Refrigerators / Kulkas :	
Pilih kulkas dalam ukuran kubik, bila digunakan icemaker, pilih ukuran yang lebih besar berikutnya.	4 to 5 cubic feet
Berapa banyak orang yang menggunakannya? 2 orang rata-rata penggunaan (run time 35%).	(3) above average
Items WattHours - Minutes :	
Bagian ini untuk menambahkan penggunaan daya 25-1500 watt untuk perangkat / peralatan yang tidak terdapat dalam daftar, dengan waktu penggunaan dalam Menit.	400 watt device
Berapa menit per hari perangkat digunakan?	NOT USED
Items WattHours - Hourly :	
Bagian ini untuk menambahkan penggunaan daya 25-1500 watt untuk perangkat / peralatan yang tidak terdapat dalam daftar, dengan waktu penggunaan dalam Jam.	200 watt device
Berapa jam per hari perangkat digunakan?	12 hours

Calculate		RESET	Not USED	Min values	Max values
Ringkasan WattHours yang diperlukan peralatan					
?	Lighting - Penerangan Watts	=	50	=	300 Watt
?	LCD / LED Television Watts	=	65	=	390 Watt
?	Computer System Watts	=	75	=	225 Watt
?	Refrigerator / Kulkas Watts	=	80	=	720 Watt
?	Items WattHours - Minutes	=	400	=	0 Watt
?	Items WattHours - Hourly	=	200	=	2400 Watt
Ringkasan Total WattHours yang diperlukan					
?	Total daily WattHours required	=	4035		
?	WattHours required for 3 days	=	12105		
?	WattHours of 50% Battery Discharge capacity	=	24210		
Ringkasan Komponen PLTS yang diperlukan					
?	*Jumlah Solar Panel - Watt Peaks	=	807		WP
?	*Jumlah Baterai @12v / 105Ah	=	20		Pcs
Battery Bank - Kuat Arus dalam Ah yang diperlukan - Ah					
?	12 Volt	24 Volt	48 Volt		
	2017	1008	504		

Gambar 4.4. Hasil eksekusi program untuk beban rumah tangga 900 VA

4.3 Analisis

Dari hasil eksekusi program *System Sizing Estimator* selanjutnya ditentukan spesifikasi komponen-komponen PLTS dimana tegangan sistem yang digunakan adalah sebesar 12 V.

4.3.1. Analisis Beban Rumah Tangga 450 VA

Tabel 4.5. Karakteristik modulsurya polikristalin 100 Wp merk A GRADE

Spesifikasi	Keterangan
Daya maksimum	100 W
Toleransi daya	3 %
Tegangan maksimum	17,60 V
Arus maksimum	5,69 A
Tegangan rangkaian terbuka	22,60 V
Arus hubung singkat	6,09 A
Berat	7,7 kg
Dimensi	1020 mm x 670 mm x 30 mm

Dengan demikian jumlah modul surya yang dibutuhkan untuk beban rumah tangga 450 VA adalah :

$$n_{\text{modul}} = \frac{\text{Daya total modul surya}}{\text{Daya tiap modul surya}} = \frac{780 \text{ Wp}}{100 \text{ Wp}} = 7,8 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Sedangkan baterai yang digunakan adalah dari jenis *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) tipe SWL3300 (FR) merk YUASA sebanyak 19 buah dengan karakteristik seperti diperlihatkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Karakteristik baterai VRLA SWL3300 (FR) merk YUASA

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan nominal	12 V
Kapasitas	105 Ah
Berat	38 kg
Dimensi	350 mm x 168 mm x 225 mm

Selanjutnya adalah menentukan kapasitas *Solar Charge Controller*. Berdasarkan tabel 4.5 dan jumlah modul surya maka berdasarkan pers. (2.13) diperoleh :

$$I_{\text{total}} = I_{\text{modul, maks}} \cdot n_{\text{modul, paralel}} = 5,69 \text{ A} \cdot 8 = 45,52 \text{ A}$$

Kapasitas *Solar Charge Controller* tidak boleh lebih rendah dari I_{total} . Pada kondisi ini dipilih *Solar Charge Controller* merk Y & H 12 V / 24 V dengan kapasitas arus 50 A model LD-50B.

Selanjutnya adalah menentukan kapasitas *Inverter*. Berdasarkan karakteristik beban harian (tabel 4.2) daya terbesar dalam satu hari terjadi pada pukul 10.00 - 10.30 WIB, yaitu sebesar 400 W. Dengan menggunakan pers. (2.14), maka :

$$P_{\text{inv}} = P_{\text{LS}} (1 + \text{FK}) = 400 (1 + 0,25) = 500 \text{ W}$$

Jadi kapasitas *Inverter* yang dibutuhkan minimal sebesar 500 W. Salah satu *Inverter* yang dapat dipakai adalah *Pure Sine Inverter* merk YCP model YCP-500 W dengan tegangan *input* 12 VDC / 24 VDC dan tegangan *output* 110 VAC / 220 VAC.

4.3.2. Analisis Beban Rumah Tangga 900 VA

Berdasarkan hasil program seperti diperlihatkan pada gambar 4.4, besarnya daya modul/panel surya adalah 807 Wp dan dengan jumlah baterai sebanyak 20 buah (spesifikasi masing-masing baterai adalah 12 V / 105 Ah). Pada perencanaan ini juga digunakan modul surya jenis Polikristalin dengan daya 100 Wp merk A GRADE.

Dengan demikian jumlah modul surya yang dibutuhkan untuk beban rumah tangga 900 VA adalah :

$$n_{\text{modul}} = \frac{\text{Daya total modul surya}}{\text{Daya tiap modul surya}} = \frac{807 \text{ Wp}}{100 \text{ Wp}} = 8,07 \text{ buah} \approx 9 \text{ buah (dibulatkan ke atas)}$$

Sedangkan baterai yang digunakan juga dari jenis *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) tipe SWL3300 (FR) merk YUASA sebanyak 20 buah.

Selanjutnya adalah menentukan kapasitas *Solar Charge Controller*. Berdasarkan tabel 4.5 dan jumlah modul surya maka berdasarkan

$$I_{total} = I_{modul, maks} \cdot n_{modul, paralel}$$

diperoleh :

$$I_{total} = I_{modul, maks} \cdot n_{modul, paralel} = 5,69 \text{ A} \cdot 9 = 51,21 \text{ A}$$

Kapasitas *Solar Charge Controller* tidak boleh lebih rendah dari I_{total} . Pada kondisi ini dipilih *Solar Charge Controller* merk **Y & H** 12 V / 24 V dengan kapasitas arus 60 A model LD-60B.

Selanjutnya adalah menentukan kapasitas *Inverter*. Berdasarkan karakteristik beban harian (tabel 4.4) daya terbesar dalam satu hari terjadi pada pukul 06.00 - 07.00 WIB, yaitu sebesar 682 W. Dengan menggunakan pers $P_{inv} = P_{LS}(1 + FK)$ maka :

$$P_{inv} = P_{LS}(1 + FK) = 682(1 + 0,25) = 852,5 \text{ W}$$

Jadi kapasitas *Inverter* yang dibutuhkan minimal sebesar 852,5 W. Salah satu *Inverter* yang dapat dipakai adalah *Pure Sine Inverter* merk **YCP** model YCP-1000 W dengan tegangan *input* 12 VDC / 24 VDC / 48 VDC dan tegangan *output* 110 VAC / 220 VAC dengan daya nominal 1000 W.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Hasil program *System Sizing Estimator* untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA membutuhkan total daya modul / panel surya sebesar 780 Wp dan dengan jumlah baterai sebanyak 19 buah (masing-masing baterai berkapasitas 12 V / 105 Ah), sedangkan untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 900 VA membutuhkan total daya modul / panel surya sebesar 807 Wp dan dengan jumlah baterai sebanyak 20 buah (masing-masing baterai berkapasitas 12 V / 105 Ah).
2. Jika digunakan modul surya jenis Polikristalin sebesar 100 Wp, maka untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA membutuhkan modul surya sebanyak 8 buah, sedangkan untuk beban rumah tangga dengan daya

terpasang 900 VA membutuhkan modul surya sebanyak 9 buah.

3. Berdasarkan hasil perhitungan manual untuk penentuan kapasitas *Solar Charge Controller*, diperoleh untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA membutuhkan *Solar Charge Controller* dengan kapasitas arus sebesar 50 A menggunakan tegangan ganda 12 V / 24 V. Sedangkan untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 900 VA membutuhkan *Solar Charge Controller* dengan kapasitas arus sebesar 60 A menggunakan tegangan ganda 12 V / 24 V.
4. Berdasarkan hasil perhitungan manual untuk penentuan kapasitas *Inverter*, diperoleh untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA membutuhkan *Inverter* dengan daya nominal 500 W (tegangan *input* 12 VDC / 24 VDC dan tegangan *output* 110 VAC / 220 VAC). Sedangkan untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 900 VA membutuhkan *Inverter* dengan daya nominal 1000 W (tegangan *input* 12 VDC / 24 VDC / 48 VDC dan tegangan *output* 110 VAC / 220 VAC).
5. Berdasarkan hasil perhitungan manual, jumlah modul surya dan baterai yang digunakan untuk beban 450 VA dan 900 VA tidak terlalu jauh berbeda, hal ini disebabkan oleh perbedaan jumlah penghuni masing-masing rumah tangga (5 orang untuk 450 VA dan 3 orang untuk 900 VA). Semakin banyak jumlah orang maka semakin besar daya dan energi listrik yang dipakai.

5.2 Saran

Disamping keuntungan yang diperoleh, program *System Sizing Estimator* juga masih memiliki beberapa kelemahan, diantaranya adalah daya yang terdapat pada menu program kurang bervariasi, termasuk juga lama waktu pemakaian peralatan listrik. Selain itu program ini hanya menentukan kapasitas modul / panel surya dan baterai, sehingga penentuan kapasitas *Solar Charge Controller* dan *Inverter* masih menggunakan perhitungan manual. Karena itu perlu adanya penelitian lanjut mengenai program aplikasi yang lebih baik dari *System Sizing Estimator* untuk perencanaan PLTS.

DAFTAR PUSTAKA

Felix A. Farret, M. Godoy Simoes. 2006. *Integrations of Alternative Sources of Energy*, Wiley-Interscience. A John Wiley & Sons Inc.

Gilbert M. Masters, 2004. *Renewable and Efficient Electric Power Systems*, Wiley-Interscience. A John Wiley & Sons Inc.

<http://elektronika-dasar.web.id/inverter-dc-ke-ac>, terakhir diakses pada tanggal 29 Januari 2017 pukul 00.27 WIB.

Ichfany. 2011. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Lampu Lalu Lintas di Kota Pontianak*. Skripsi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Muhammad Hasbul Mahyudi. 2010. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Puskesmas Nanga Suhaid, Kecamatan Suhaid, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat*. Skripsi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Mukund R. Patel, Ph.D., P.E. 1999. *Wind and Solar Power Systems*, CRC Press LLC.

Susanto. 2008. *Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Rumah Ibadah*. Skripsi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.

www.ezamroni.wordpress.com/2013/06/03/baterai-pada-sistem-tenaga-surya, terakhir diakses pada tanggal 28 Januari 2017 pukul 17.05 WIB.

www.leonics.com/support/article2_12j/articles2_12j_en.php, terakhir diakses pada tanggal 26 Januari 2017 pukul 16.10 WIB.

www.panelsurya.com, terakhir diakses pada tanggal 20 Agustus 2016 pukul 19.25 WIB.

www.panelsuryajakarta.com, terakhir diakses pada tanggal 22 Agustus 2016 pukul 15.40 WIB.

www.pompair.com/pembangkit-listrik-tenaga-surya-untuk-rumah-tangga-900-1500-watt, terakhir diakses pada tanggal 28 Januari 2017 pukul 22.03 WIB.

www.rekasurya.com, terakhir diakses pada tanggal 28 Januari 2017 pukul 20.35 WIB.

www.solarsuryaindonesia.com/simulator, terakhir diakses pada tanggal 21 Agustus 2016 pukul 20.10 WIB.

Yandri, ST, MT. 2007. *Terjemahan Solar Expert*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Biografi

Saldi Eko Dwi S, Lahir di Sintang pada tanggal 24 Januari 1990. Menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak pada tahun 2017.

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Yandri, ST, MT

NIP.196903291999031001

Dosen Pembimbing II

Ir. Kho Hie Khwee, MT

NIP.196505261992021001