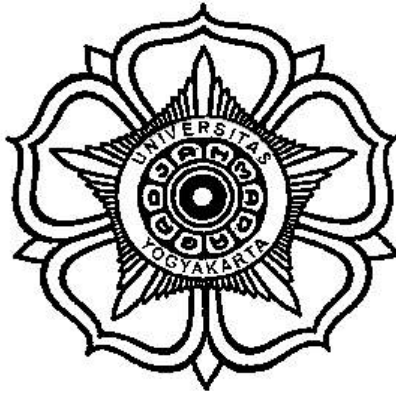


LAPORAN KERJA PRAKTEK

INVENTARISASI PERMASALAHAN PADA
INSTALASI *SOLAR HOUSE SYSTEM*
DI WILAYAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Program Studi Fisika Teknik
Jurusan Teknik Fisika



Disusun Oleh :
SUHONO
04/176573/TK/29430

JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2009

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN KERJA PRAKTEK

**INVENTARISASI PERMASALAHAN PADA
INSTALASI *SOLAR HOUSE SYSTEM*
DI WILAYAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Disusun Oleh :

SUHONO

04/176573/TK/29430

Telah disetujui oleh:

Ketua Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknik UGM

Dosen Pembimbing

Dr.-Ing. Sihana
N I P. 131 887 438

Rachmawan Budiarto, ST., MT.
N I P : 132 232 154

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah atas segala limpahan berkat dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan kerja praktek di Jurusan Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Laporan ini dapat diselesaikan berkat dukungan, bantuan dan keterlibatan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini Penulis ingin menyatakan penghargaan dan terima kasih yang mendalam kepada :

1. Rachmawan Budiarto, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing. Atas pengertian, bantuan, dan dukungannya kepada penulis selama kerja praktek ini. Semoga Allah selalu membimbingnya untuk membimbing para mahasiswa lain dengan bijaksana.
2. Dr.-Ing Sihana, selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
3. Semua pemilik instalasi SHS yang saya kunjungi beserta Kepala Dusun yang telah memberi bantuan dalam kerja praktek ini.
4. Staf Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Propinsi DIY yang memberikan bantuan dengan memberi data lokasi SHS.
5. Untuk Ibunda tersayang atas kasih sayang serta dukungan doa dan semangatnya sehingga laporan kerja praktek ini dapat terselesaikan.
6. Semua teman-teman yang turut dalam pelaksanaan kerja praktek ini, atas segala kekompakan dan kerja sama yang diberikan.

Segala sesuatu tidak ada yang begitu sempurna, begitu jugalah kiranya dengan laporan kerja praktek ini yang tidak luput dari ketidaksempurnaan, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi pengembangan pendidikan.

Yogyakarta, 10 Juli 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
B A B I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Batasan Masalah	2
I.3. Tujuan Penelitian	2
I.4. Manfaat Penelitian	2
I.5. Metode Penelitian	3
B A B II TINJAUAN UMUM	4
II.1. Sejarah <i>Photovoltaic</i>	4
II.2. <i>Photovoltaic</i> di Indonesia	6
B A B III DASAR TEORI	8
III.1. Pengertian Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	8
III.2. Prinsip Dasar Teknologi Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	8
III.3. Efisiensi <i>Photovoltaic</i>	11
III.4. Instalasi <i>Photovoltaic</i>	13
III.5. Perancangan dan Perhitungan Sistem <i>Photovoltaic (PV)</i> <i>Stand-Alone</i> Untuk Skala Rumah Tangga (<i>Solar Home System</i>)	16
III. 6. Pemeliharaan Instalasi PV dan Solar Home System	24

B A B VI PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK	26
VI. Alat-Alat yang Digunakan	26
VI. Tata Laksana Kerja Praktek	26
B A B V HASIL DAN PEMBAHASAN	29
V.1. Hasil Survey	29
V.2. Analisis dan Pembahasan Data	40
V.2.1. Analisis Sistem SHS Secara Ideal	40
V.2.2. Analisis Perbandingan Data Lapangan dengan Sistem SHS Secara Ideal	45
B A B VI KESIMPULAN DAN SARAN	62
VI.1. Kesimpulan	62
VI.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	65
LAMPIRAN A Peta Lokasi Pengambilan Data	65
LAMPIRAN B Spesifikasi KC50T-1	66
LAMPIRAN C Foto Dokumentasi	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Modul Surya	8
Gambar 3.2 Prinsip kerja <i>photovoltaic</i>	9
Gambar 3.3 Penampang PV	9
Gambar 3.4 Sirkuit Sederhana dari Sel Fotovoltaik	10
Gambar 3.5 Sirkuit diode tunggal	11
Gambar 3.6 Pengaruh Resistor Seri dan Paralel pada Karakteristik Sel Fotovoltaik	11
Gambar 3.7 Penampang PV dari bahan silikon	13
Gambar 3.8 Skema sistem instalasi mandiri	14
Gambar 3.9 Skema sistem hibrid	15
Gambar 3.10 Skema sistem instalasi terhubung jaringan	16
Gambar 3.11 Grafik Pengaruh radiasi matahari	17
Gambar 3.12 PV disusun secara seri	20
Gambar 3.13 PV disusun secara paralel	20
Gambar 3.14 Skema pembagian tegangan kerja sistem	22
Gambar 5.1. Peta Lokasi Pengambilan Data SHS	29
Gambar 5.2. Modul PV	41

DAFTAR TABEL

Tabel I.1	Potensi Energi Terbarukan di Indonesia.....	2
Tabel III.1	Karakteristik sel surya	12
Tabel III. 2	Jenis Modul Surya	13
Tabel V.1	Spesifikasi KC50T-1	41
Tabel V.2	Data Radiasi Matahari	42
Tabel VI.1	Kategorisasi Permasalahan Pada Setiap Instalasi <i>Solar</i> <i>House System</i>	62

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Peta Letak Instalasi SHS	65
LAMPIRAN B	Spesifikasi KC50T-1	66
LAMPIRAN C	Foto Dokumentasi	67

B A B I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi dewasa ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Hal ini menyebabkan adanya indikasi terjadi krisis energi di dunia. Salah satu penyebab dari krisis energi tersebut adalah masih besarnya tingkat ketergantungan pada sumber energi fosil terutama minyak bumi. Seperti yang kita ketahui bahwa cadangan minyak bumi yang tersedia di bumi ini terbatas. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya diversifikasi energi agar tercipta keseimbangan energi yang baik.

Diversifikasi energi dapat dilakukan dengan mulai memberikan peluang kepada jenis-jenis energi alternatif yang selama ini sudah dikembangkan maupun jenis energi yang baru. Ada berbagai alternatif yang bisa dikembangkan antara lain batubara, gas bumi, geothermal, biomassa, air, angin, gelombang, matahari hingga nuklir.

Dari beberapa alternatif tersebut, diklasifikasikan ke dalam dua kelompok, yaitu jenis energi tak terbarukan dan energi terbarukan. Energi tak terbarukan di antaranya terdiri dari minyak bumi, batubara, nuklir dan gas bumi. Sedangkan yang termasuk jenis energi terbarukan antara lain geothermal, biomassa, air, angin, matahari, gelombang dan lain-lain yang masih terbuka pengembangannya.

Energi terbarukan mempunyai potensi lebih unggul dibandingkan energi fosil. Ada beberapa alasan yang mendasari, antara lain karena persediaannya yang tak terbatas, dapat diperbaharui, dan ramah lingkungan. Energi matahari, energi air, energi angin, energi biomassa, energi laut, dan sumber energi alternatif lainnya tersedia secara melimpah di alam, sedangkan pemanfaatannya masih sedikit. Kendala utama dalam pemanfaat energi terbarukan adalah teknologi yang dipakai sekarang, efisiensinya masih rendah sehingga energi yang dikonversi sedikit. Potensi energi terbarukan di Indonesia dapat dilihat pada Tabel I.1.

Tabel I.1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia

Sumber Energi	Potensi (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)	Pemanfaatan (%)
Geothemal	20.000	812	4,06
Mikrohidro	459	54	11,76
Large Hydro	75.000	4.200	5,60
Biomassa	50.000	302	0,60
Energi Angin	9.286	0,50	0,0053
Energi Matahari	15.648,7	5	0,0031
Total	170.393,7	5.373,5	22,03

Sumber : Fajar, 2007

I.2. Batasan Masalah

Kerja Praktek ini hanya melakukan penelitian seputar masalah-masalah yang mungkin ada pada sebuah instalasi *photovoltaic* (PV). Instalasi yang diamati dibatasi hanya instalasi yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta (minimal 20 unit instalasi). Sedangkan untuk pembahasannya hanya membahas perbandingan daya antara kenyataan dan kondisi ideal yang mampu dipenuhi oleh sistem SHS. Serta tidak memperhitungkan pengaruh sudut kemiringan dan posisi PV terhadap matahari dan ketinggian PV dari permukaan laut.

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan masalah – masalah pada sebuah instalasi pembangkit listrik tenaga surya baik skala kecil maupun besar yang nantinya dapat digunakan untuk pengembangan sebuah instalasi PV ke depannya.

I.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan untuk pengembangan sebuah instalasi pembangkit listrik tenaga surya ke depannya.

I.5. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode berikut :

1. Pengambilan data subyektif di lapangan dengan mengunjungi beberapa instalasi PV di Yogyakarta dan melakukan tanya jawab dengan pemilik atau penanggung jawab instalasi.
2. Mencari data meteorologi seperti besarnya radiasi matahari di wilayah DIY
3. Menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan teori yang sudah ada.
4. Mengambil kesimpulan-kesimpulan seputar permasalahan yang ada pada instalasi tersebut.

B A B II

TINJAUAN UMUM

II.1. Sejarah Photovoltaik

Menurut bahasa, kata *Photovoltaic* berasal dari bahasa Yunani *photos* yang berarti cahaya dan *volta* yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik. Secara sederhana dapat diartikan sebagai listrik dari cahaya. *Photovoltaic* merupakan sebuah proses untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Proses ini bisa dikatakan kebalikan dari penciptaan laser.

Efek *photovoltaic* pertama kali berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli Fisika berkebangsaan Prancis Alexandre Edmond Becquerel pada tahun 1839. Baru pada tahun 1876, William Grylls Adams bersama muridnya, Richard Evans Day menemukan bahwa material padat selenium dapat menghasilkan listrik ketika terkena paparan sinar.

Dari percobaan tersebut, meskipun bisa dibilang gagal karena selenium belum mampu mengonversi listrik dalam jumlah yang diinginkan, namun hal itu mampu membuktikan bahwa listrik bisa dihasilkan dari material padat tanpa harus ada pemanasan ataupun bagian yang bergerak.

Tahun 1883, Charles Fritz mencoba melakukan penelitian dengan melapisi semikonduktor selenium dengan lapisan emas yang sangat tipis. *Photovoltaic* yang dibuatnya menghasilkan efisiensi kurang dari 1 %. Perkembangan berikutnya yang berhubungan dengan ini adalah penemuan Albert Einstein tentang efek fotolistrik pada tahun 1904. Tahun 1927, *photovoltaic* dengan tipe yang baru dirancang menggunakan tembaga dan semikonduktor copper oxide. Namun kombinasi ini juga hanya bisa menghasilkan efisiensi kurang dari 1 %.

Pada tahun 1941, seorang peneliti bernama Russel Ohl berhasil mengembangkan teknologi sel surya dan dikenal sebagai orang pertama yang membuat paten peranti solar cell modern. Bahan yang digunakan adalah silicon dan mampu menghasilkan efisiensi berkisar 4%. Barulah kemudian di tahun 1954, Bell Laboratories berhasil mengembangkannya hingga mencapai efisiensi 6% dan akhirnya 11%.

Pada tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 watt per meter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10 persen, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 watt.

Sampai saat ini modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5 hingga 15 persen tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya. Tipe modul sel surya inilah yang banyak beredar di pasaran.

Sebenarnya ada produk sel surya yang efisiensinya bisa mencapai 40%, namun belum dijual secara masal. Prestasi ini dicapai oleh DoE yang sudah mengembangkannya sejak awal tahun 1980. DoE memulai penelitian yang dikenal dengan "*multi-junction gallium arsenide-based solar cell devices*," solar sel multi-layer yang dapat mengonversi 16 persen energi menjadi listrik. Pada tahun 1994, laboratorium energi terbarukan (National Renewable Energy laboratory) milik DoE berhasil memecahkan rekor efisiensi 30 persen yang sangat menarik minat bagi dunia industri angkasa luar untuk memanfaatkannya. Hampir semua satelit saat ini memanfaatkan teknologi *multi-junction cells*.

Pencapaian efisiensi hingga 40% tersebut dilakukan dengan mengkonsentrasikan cahaya matahari. Teknologi ini menggunakan konsentrator optik yang mampu meningkatkan intensitas cahaya matahari sehingga konversi listriknya pun juga meningkat. Sedangkan pada umumnya teknologi sel surya hanya mengandalkan cahaya matahari alami atau dikenal dengan "*one sun insolation*" yang hanya mampu menghasilkan efisiensi 12 hingga 18 persen.

Boeing-Spectrolab memakai struktur yang bernama *multi-junction solar cell*. Struktur ini mampu menangkap spectrum sinar matahari lebih banyak dan mengubahnya menjadi energi listrik. Sel individunya dibuat dalam beberapa lapis dan setiap lapisan mampu menangkap cahaya yang melewati sel.

Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi peranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh peranti

sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebenarnya tergantung pada efisiensi konversi energi dan konsentrasi sinar matahari yang diterima sel tersebut. Profesor Smalley, peraih Nobel bidang kimia, menyatakan bahwa teknologi nano menjanjikan peningkatan efisiensi dalam pembuatan sel surya antara 10 hingga 100 kali pada sel surya.

II.2. Photovoltaik di Indonesia

Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun.

Dalam kondisi puncak atau posisi matahari tegak lurus, sinar matahari yang jatuh di permukaan panel surya di Indonesia seluas satu meter persegi akan mampu mencapai 900 hingga 1000 Watt. Bahkan, total intensitas penyinaran perharinya di Indonesia mampu mencapai 4500 watt hour per meter persegi yang membuat Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari.

Dengan letaknya di daerah katulistiwa, matahari di Indonesia mampu bersinar hingga 2.000 jam pertahunnya. Di sisi lain, topografi dan geografi wilayah Indonesia tidak memungkinkan kebutuhan listrik dipenuhi melalui jaringan (grid) konvensional.

PLTS adalah solusi bagi daerah terpencil untuk menikmati listrik. Rasio elektrifikasi yang masih rendah, merupakan salah satu indikasi peluang pasar bagi sel surya yang terbuka lebar. Dengan kondisi yang sangat potensial ini sudah saatnya pemerintah, perguruan tinggi dan lembaga penelitian serta dunia industri bersinergi mengembangkan teknologi produksi sel surya di dalam negeri sehingga Indonesia tidak hanya sekedar sebagai pasar, namun dapat memanfaatkan pasar dalam negeri yang cukup besar untuk tumbuhnya industri sel surya.

Langkah awal telah dilakukan oleh badan yang bertanggung jawab di bidang energi. Salah satunya oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Departemen ini telah mendistribusikan sejumlah PV kepada masyarakat yang berada

di luar jangkauan listrik PLN. Tahun 2007, Departemen ESDM mengklaim telah menyebarkan 40 ribu panel surya di seluruh Indonesia dengan sistem SHS (*Solar Home System*). Spesifikasi panel surya yang didistribusikan adalah mampu menghasilkan listrik 50 Wp (Watt peak) dan bisa digunakan untuk 3 lampu.

Cara pendistribusiannya juga melibatkan peran daerah. Sebagai contoh adalah Departemen ESDM DIY yang pada tahun 2007 telah mendistribusikan 100 unit PV kepada masyarakat dalam bentuk bantuan. Sejumlah 100 PV tersebut terdistribusi ke wilayah Bantul, Sleman, dan Kulon Progo.

Dengan adanya rencana pemerintah tentang diversifikasi energi nasional, maka *photovoltaic* memiliki prospek yang sangat bagus di masa mendatang untuk mendukung energi mix yang akan dicapai tahun 2025. Oleh karena itu masih perlu banyak dilakukan studi tentang *photovoltaic* secara serius agar pemanfaatannya bisa optimal.

B A B III

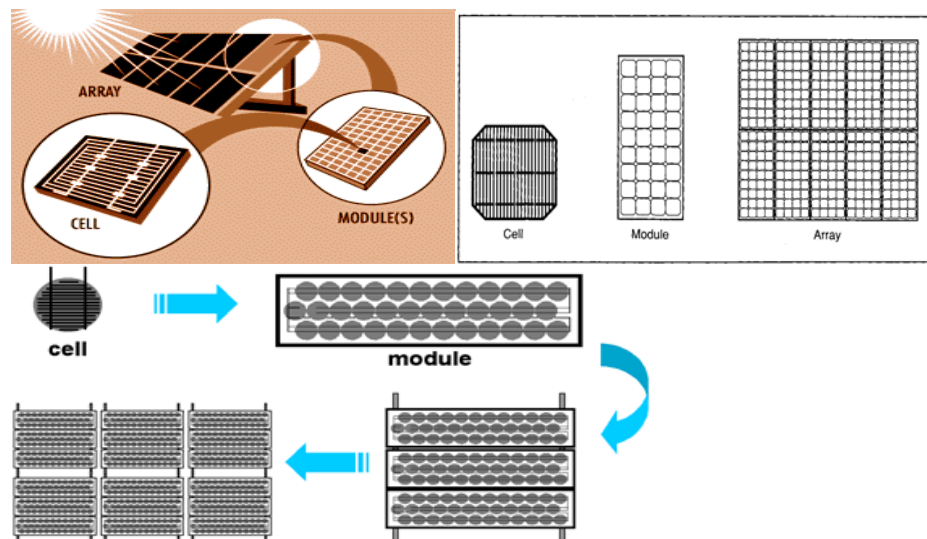
DASAR TEORI

III.1. Pengertian Panel Surya (*Photovoltaic*)

Fotovoltaik adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaik.

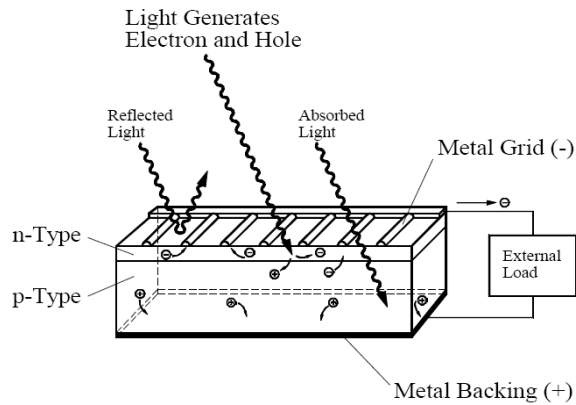
III.2. Prinsip Dasar Teknologi Panel Surya (*Photovoltaic*)

Inti dari kerja *photovoltaic* (PV) adalah mengubah atau mengkonversi energi dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Beberapa komponen yang digunakan adalah elemen semikonduktor yang disebut sel surya, kemudian disusun menjadi modul surya.



Gambar 3.1 Modul Surya

Prinsip Kerja *photovoltaic*:

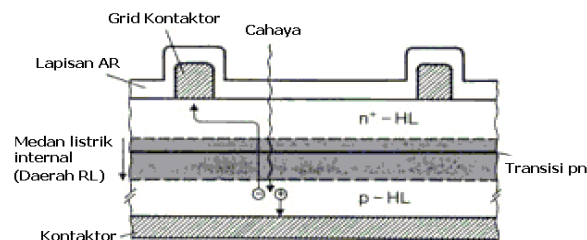


Gambar 3.2 Prinsip kerja *photovoltaic*

Prinsip kerja PV adalah ketika ada sebuah foton atau lebih masuk ke dalam sel surya yang terdiri dari lapisan semikonduktor seperti pada gambar, maka akan menghasilkan pembawa muatan bebas berupa electron dan hole. Foton yang masuk berasal dari radiasi matahari. Jika pembawa muatan dapat mencapai daerah ruang muatan sebelum terjadi rekombinasi, maka akibat oleh medan listrik yang ada akan dipisahkan dan dapat bergerak menuju kontaktor. Jika terdapat kawat penghubung antar kontaktor maka dapat dihasilkan arus (Penick dan Louk, 1998).

Secara umum, konstruksi sebuah PV terdiri dari 3 bagian, yaitu

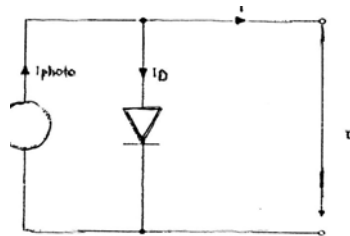
- Lapisan penerima radiasi
- Lapisan tempat terjadinya pemisahan muatan akibat fotoinduksi
- Lapisan kontaktor



Gambar 3.3 Penampang PV

Banyak variasi bahan yang digunakan dalam membuat PV. Silikon memiliki indeks bias bahan yang tinggi maka akibatnya pada permukaan terjadi rugi refleksi yang besar (sampai 30%). Oleh karena itu, untuk meminimalkan rugi tersebut maka pada permukaan dilapisi dengan lapisan antirefleksi/lapisan AR (Sihana, 2007).

Secara sederhana, komponen yang ada di dalam sel PV dapat digambarkan sebagai sirkuit elektrik.



Gambar 3.4 Sirkuit Sederhana dari Sel Fotovoltaik

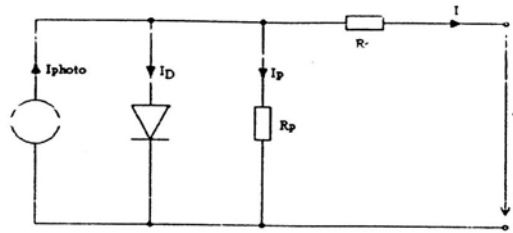
Dari penggambaran sebagai sirkuit elektrik seperti di atas, maka dihasilkan:

$$I = I_{\text{photon}} - I_{\text{dark}}$$

$$I = I_{\text{photon}} - I_s \left(e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right)$$

- dimana:
- V_T = Thermal Voltage in V
 - $V_T = kT/e$, ($V_T = 25,7$ mV pada 25°C)
 - k = konstanta Boltzman ($k = 1,3806 \cdot 10^{-23}$ J/K)
 - e = muatan elektron ($e = 1,6022 \cdot 10^{-19}$ As)
 - I_s = arus saturasi dioda

Dalam menyusun sel PV menjadi sebuah modul, tipe rangkaian akan mempengaruhi karakteristik dari PV itu sendiri (lihat gambar 3.5). Namun, baik tipe rangkaian seri (R_s) maupun parallel (R_p), keduanya tetap memiliki rugi-rugi (losses) akibat rangkaianannya(Sihana, 2007). Secara sederhana, rangkaian sirkuit elektriknya berubah menjadi seperti pada gambar 3.5.



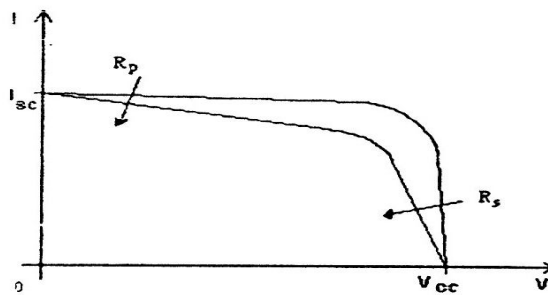
Gambar 3.5 Sirkuit diode tunggal

Dengan pemodelan seperti di atas, maka arusnya menjadi :

$$I = I_{\text{photon}} - I_0 - I_P$$

$$I_P = (V + I R_S) / R_P$$

$$I_0 = I_S (\exp ((V + I R_S) / (m V_T)) - 1)$$



Gambar 3.6 Pengaruh Resistor Seri dan Paralel pada Karakteristik Sel Fotovoltaik

III.3. Efisiensi *Photovoltaic*

Dalam menilai suatu PV bekerja dengan baik atau tidak, serta menentukan kualitasnya adalah tergantung pada efisiensi yang dihasilkan oleh PV tersebut. Apabila PV memiliki efisiensi yang baik, maka daya yang dihasilkan akan maksimal dan rugi-rugi akan semakin kecil. PV dengan efisiensi yang tinggi dan rugi-rugi yang kecil inilah yang bisa dikatakan PV yang baik.

Efisiensi pada PV dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain insolasi matahari (I), Luas kolektor PV (A_c) dan daya kolektor yang dimiliki PV.

Secara matematis bisa dituliskan sebagai berikut :

$$\eta_p = \frac{(IV)_{\text{max}}}{IA_c}$$

dimana, η_p = efisiensi PV

$(IV)_{max}$ = daya kolektor maksimum (W)

I = Insolasi matahari (W/m^2)

A_c = luas kolektor PV (m^2)

Daya output yang dihasilkan oleh sel surya bervariasi tergantung pada energi band gap masing-masing bahan semikonduktornya (Green, 1998).

Tabel III.1 Karakteristik sel surya

Jenis Material	Energi Band Gap (eV)	η_{teo}	$\eta_{terukur}$
Silikon (Si)	1,11	24	8
Indium Phosphide (InP)	1,25	23	3
Gallium Arsenide (GaAs)	1,35	24	1
Cadmium Telluride (CdTe)	1,45	21	7
Gallium Phosphide (GaP)	2,25	17	1
Cadmium Sulfide (CdS)	2,40	16	7

Nilai efisiensi sebuah modul surya juga sangat tergantung kepada nilai *Peak Sun Hour (PSH)*. PSH sangat subyektif tergantung pada karakteristik lingkungan termasuk lamanya penyinaran matahari dan indeks kecerahan di suatu tempat.

Besarnya nilai PSH bisa diperoleh mengikuti rumus berikut :

$$PSH = \frac{\Sigma \bar{I} \Delta t}{IR}$$

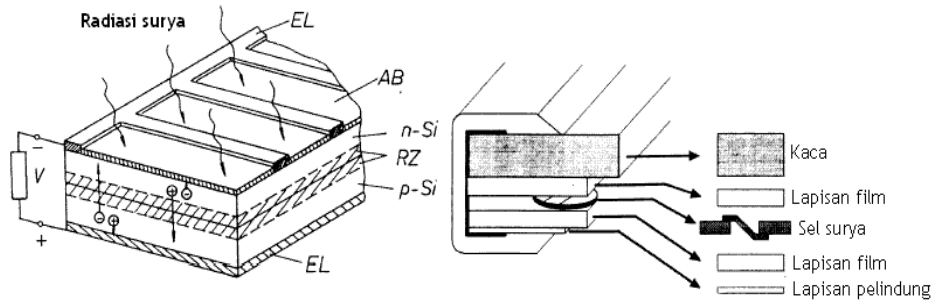
Di mana :

\bar{I} adalah intensitas matahari pada jam tertentu pada bulan tertentu

Δt adalah rentang waktu di mana matahari memiliki intensitas rerata harian \bar{I}

IR adalah intensitas matahari untuk pengujian standar PV ($1000 W/m^2$)

Gambar 3.7 adalah gambar penampang susunan sel PV dari bahan silikon.



Gambar 3.7 Penampang PV dari bahan silikon

Berdasarkan pada struktur kristalnya, maka sel PV dari bahan silikon dapat dibedakan menjadi 3 macam :

- Sel monokristalin : efisiensi tinggi (16%), memiliki stabilitas yang bagus tetapi harganya mahal.
- Sel multikristalin : efisiensi lebih rendah (13%),
- Sel amorf : proses produksi jauh lebih mudah dibanding kedua tipe di atas, tetapi dengan efisiensi sel PV paling rendah.

Tabel III. 2 Jenis Modul Surya (Sihana, 2007)

Keterangan	SM55 Siemens	BP585 BP Solar	NT51A85E Sharp	50-ALF ASE	UPM880 Unisolar	ST40 Siemens
Tipe Sel	Mono-Si	Mono-Si	Mono-Si	Poli-Si	a-Si	CIS
Jumlah sel	36(3x12)	36(4x9)	36(4x9)	36(4x9)	-	-
Tegangan (V)	17,4	18	17,4	17,2	15,6	16,6
Arus (A)	3,15	4,72	4,91	2,9	1,4	2,29
Efisiensi (%)	12,9	13,5	13,4	11,5	5,4	8,9

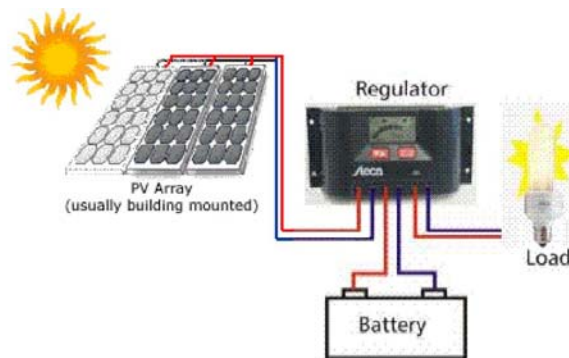
III.4. Instalasi *Photovoltaic*

Dalam memanfaatkan PV sebagai sumber energi listrik, perlu dilakukan perencanaan untuk proses pemasangan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh hasil yang maksimal dan mengurangi energi yang terbuang. Dalam hubungannya dengan

sistem sumber listrik yang lain, maka instalasi dibagi menjadi dua, yaitu sistem Instalasi Mandiri dan sistem Instalasi Terhubung Jaringan.

- Sistem Instalasi Mandiri

Sistem instalasi mandiri adalah instalasi PV di mana tidak dihubungkan dengan sumber listrik dari jaringan umum. Oleh karena itu, pada sistem ini pemenuhan kebutuhan beban sangat tergantung pada PV. Padahal, intensitas cahaya matahari tidak selalu sama dan fluktuatif. Untuk menjaga ketersediaan pasokan daya listrik sistem ini membutuhkan baterai. Baterai digunakan untuk menyimpan daya yang dikonversi oleh PV yang kemudian dihubungkan dengan beban. Gambar 3.8 menunjukkan salah satu contoh skema sistem instalasi mandiri.



Gambar 3.8 Skema sistem instalasi mandiri

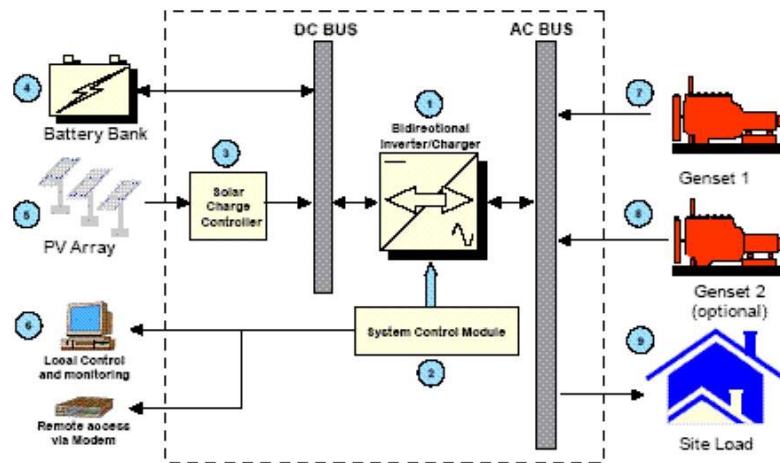
Instalasi jenis ini biasa digunakan dalam *Solar Home System* (SHS). Sistem ini terdiri dari modul PV, regulator, baterai (Akku), dan komponen pendukung. Besar daya beban yang dapat dipenuhi dibatasi oleh jumlah PV dan kapasitas baterai yang digunakan. Kapasitas baterai dirancang agar dapat menyimpan energi untuk kondisi paling buruk, yaitu tidak tersedianya intensitas matahari dalam beberapa hari. Sedangkan regulator digunakan untuk mengendalikan pemuatan dan pembebanan sehingga tidak terjadi *overload* maupun *overcharging*.

Instalasi sistem mandiri ada juga yang di kombinasikan dengan beberapa sumber daya listrik tetapi selain dari jaringan umum. Sistem ini disebut **sistem Hibrid**. Sumber daya listrik lain yang biasa digunakan adalah turbin angin, turbin air, diesel, dan lain-lain.

Karena daya listrik dari PV sangat bergantung kepada faktor alam seperti cuaca dan iklim yang mempengaruhi radiasi surya, maka tidak bisa menjamin

ketersediaan listrik setiap saat. Oleh karena itu dengan adanya sistem hibrid dapat mengatasi kekosongan daya listrik saat PV tidak dapat menghasilkan listrik secara optimal. Misalnya saja dengan Genset yang dioperasikan saat PV kurang maksimal.

Keuntungan lain dari sistem hibrid adalah dapat meminimalkan penggunaan bahan bakar pada Genset. Hal ini karena saat daya beban rendah, dapat disuplai dari sistem pembangkit energi terbarukan seperti dari PV. Ketika beban daya listrik pada tingkat menengah, Genset dioperasikan untuk memenuhi daya beban dan pemuatan baterai sistem PV. Sedangkan ketika beban puncak, maka PV dan Genset dioperasikan untuk memenuhi daya beban dan kekurangan daya dapat disuplai dari baterai. Gambar 3.9 adalah contoh skema sistem hibrid.



Gambar 3.9 Skema sistem hibrid

Pada sistem hibrid dapat dirancang dengan menggunakan inverter apabila dibutuhkan output dalam bentuk arus AC. Namun bila kebutuhan hanya untuk arus DC, maka inverter tidak diperlukan. Selain itu perlu dipertimbangkan juga pemasangan pengamanan dengan menambahkan komponen relai dan diode blocking kolektor.

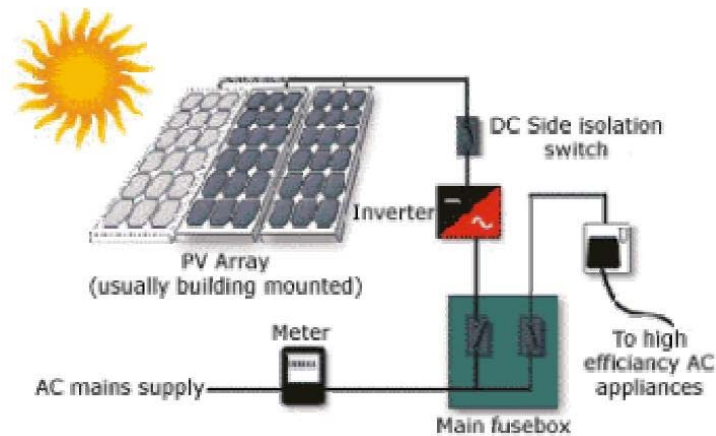
- Sistem Instalasi terhubung Jaringan

Sistem terhubung jaringan merupakan sistem instalasi yang dihubungkan dengan sumber listrik dari jaringan listrik umum. Di Indonesia jaringan ini disediakan oleh PLN. Pada sistem ini tidak terlalu diperlukan adanya baterai karena

pada saat sistem kekurangan daya, maka untuk memenuhi kekurangan daya beban tersebut disuplai dari listrik jaringan yang ada.

Sistem PV akan bekerja pada saat siang hari dengan ketersediaan intensitas surya yang memenuhi. Sedangkan kekurangan daya pada saat malam hari atau cuaca mendung, disuplai dari jaringan. Dengan demikian kapasitas beban yang terpenuhi tidak tergantung sepenuhnya pada PV.

Contoh skema sistem instalasi terhubung jaringan ditunjukkan oleh Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Skema sistem instalasi terhubung jaringan

Dalam membangun sebuah instalasi sistem PV, perlu mempertimbangkan hal-hal yang berpengaruh terhadap kelangsungan kinerja PV tersebut.

III.5. Perancangan dan Perhitungan Sistem *Photovoltaic (PV) Stand-Alone*

Untuk Skala Rumah Tangga (*Solar House System*)

Berikut adalah langkah yang bisa dilakukan untuk merancang suatu instalasi SHS :

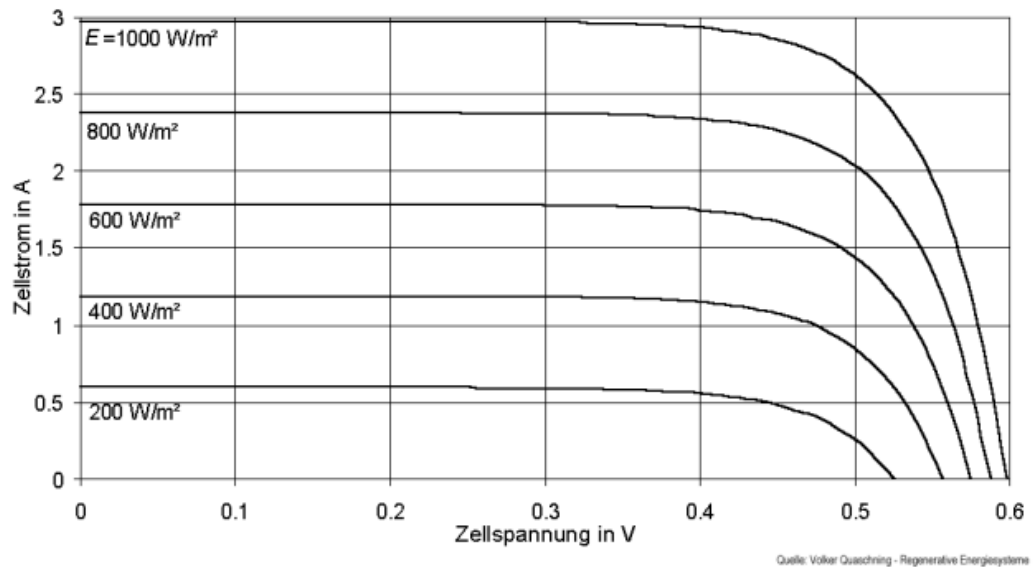
1. Pengumpulan data meteorologi

Pada tahapan pertama, perancang dituntut kejeliannya dalam menganalisa data meteorologi setempat. Hal ini sangat berpengaruh terhadap prediksi potensi dan kehandalan sistem, karenanya survei yang layak dibutuhkan guna meningkatkan kepercayaan akan hasil perancangan dan keberhasilannya.

Faktor lokasi penempatan sangat menentukan dalam perancangan sistem PV, serta keberhasilannya. Hal ini dikarenakan sistem PV akan sangat bergantung pada faktor-faktor yang sangat spesifik terhadap lokasi penempatan, seperti insolasi harian matahari. Insolasi matahari adalah energi matahari yang dihasilkan selama satu hari pada permukaan horisontal bumi seluas 1 m^2 (Djojodihardjo, 2001).

Data-data metereologi yang dibutuhkan antara lain adalah insolasi harian rata-rata, insolasi minimum, iklim setempat, temperatur lingkungan, kecepatan angin pada daerah pemasangan panel surya, tingkat curah hujan, dan masih banyak parameter lainnya. Semakin banyak serta semakin terpercayanya data yang berhasil dikumpulkan akan memberikan suatu hasil rancangan yang semakin baik

Besarnya radiasi matahari yang terukur pada lokasi yang akan dipasang PV menjadi pertimbangan jenis PV yang sesuai dengan karakteristik lingkungan. Grafik dibawah menunjukkan hubungan antara radiasi matahari dengan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel surya. Tiap jenis sel surya dengan spesifikasi tegangan dan arus yang berbeda-beda mempunyai daerah operasi penerimaan radiasi matahari yang berbeda (Sihana, 2007). Jenis PV ditentukan oleh radiasi matahari.



Gambar 3.11 Grafik Pengaruh radiasi matahari

2. Kebutuhan Beban

Sebaiknya sebelum dilakukan pemasangan, perlu dilakukan perhitungan berapa beban yang dibutuhkan. Hal ini akan sangat menentukan PV dengan kapasitas berapa yang akan dipasang dan berapa jumlahnya.

Penghitungan beban ini dapat diawali dengan pengidentifikasian tujuan perancangan awal, apakah digunakan untuk mensuplai listrik rumah tangga, industri kecil, penerangan, telekomunikasi, dsb. Selanjutnya diikuti dengan kalkulasi kebutuhan energi total yang dapat dilakukan dengan mengalikan antara watt [W] alat (atau juga perkalian arus [I] dan tegangan kerja [V] alat) dengan lama penggunaannya. Selain hal di atas, juga perlu dipertimbangkan tingkat kehandalan sistem yang ingin dicapai (apakah kehandalannya tinggi, menengah, ataupun minimal)

3. Data Sistem

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan sebelumnya (studi potensi dan kalkulasi kebutuhan energi beban), perancang dapat memutuskan spesifikasi sistem yang akan digunakan. Dimulai dari spesifikasi panel surya yang akan digunakan (*Watt peak*, arus kerja, dan tegangan kerja), jumlah panel yang digunakan, serta susunannya.

$$EP = Wp \times IH \times \eta$$

dimana :

EP : Energi/kapasitas panel (Watt-jam/hari)

Wp : Daya puncak modul (Wp)

IH : Insolasi harian (kWh/m²/hari)

η_p : Rugi-rugi pada panel akibat pengaruh temperatur dan kondisi permukaan, umumnya dipilih nilai 0,8 (Djojodihardjo, 2001)

Cara menghitung besarnya daya yang mampu dihasilkan oleh sebuah panel, juga bisa menggunakan persamaan berikut :

$$W_{pv} = W_{baterai} / (\eta_{pv} \cdot \eta_{mod-bat})$$

Di mana :

W_{pv} adalah daya yang dihasilkan oleh PV

$W_{baterai}$ adalah kapasitas penuh baterai

η_{pv} adalah efisiensi PV

$\eta_{mod-bat}$ adalah efisiensi yang terjadi akibat rugi-rugi pada hubungan modul dan baterai

Sedangkan untuk nilai dari daya yang bisa ditampung oleh baterai dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W_{bat} = W_{inv} / (DOD \cdot \eta_{bat-inv})$$

Di mana :

$W_{baterai}$ adalah kapasitas penuh baterai

W_{inv} adalah daya pada inverter

$\eta_{bat-inv}$ adalah efisiensi dari adanya rugi-rugi pada hubungan baterai ke inverter

DOD adalah *deep of discharge* dari baterai yang digunakan

Sedangkan nilai daya yang mampu diubah oleh inverter dari arus DC dari baterai menjadi arus AC adalah sebagai berikut :

$$W_{inv} = W_h / (\eta_{inv} \cdot \eta_{beban-inv})$$

Di mana :

W_h adalah kapasitas beban yang dibutuhkan oleh rumah

W_{inv} adalah daya pada inverter

$\eta_{beban-inv}$ adalah efisiensi dari rugi-rugi pada hubungan beban ke inverter

η_{inv} adalah efisiensi dari rugi-rugi pada inverter

Secara keseluruhan kapasitas beban yang mampu ditopang oleh sebuah sistem SHS bisa mengikuti persamaan berikut ini :

$$W_h = N_{modul} \cdot PSH \cdot W_{peak} \cdot \eta_{sistem}$$

di mana :

W_h adalah daya beban yang diperlukan

N_{modul} adalah jumlah modul yang digunakan

W_{peak} daya puncak maksimum yang bisa dicapai oleh PV

η_{sistem} adalah efisiensi sistem secara keseluruhan

$$\eta_{sistem} = \eta_{inv} \cdot DOD \cdot \eta_{mod-beban}$$

$$\eta_{mod-beban} = 0,90 \text{ (Green, 1998)}$$

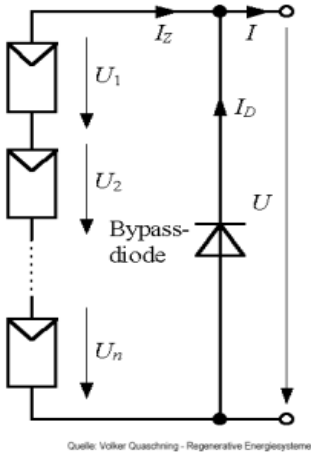
Selain itu, parameter *storage* juga perlu dikaji. Terlebih untuk sistem *stand-alone*, *storage* harus memenuhi kriteria-kriteria desain tertentu semisal kapasitas, waktu *charging*, DOD (*deep of discharge*), umur dan juga harganya.

Parameter sistem yang lainnya adalah rangkaian elektronis regulator (*Battery Charge Regulator-BCG* pada sistem baterai) serta inverter yang akan digunakan.

- Susunan PV

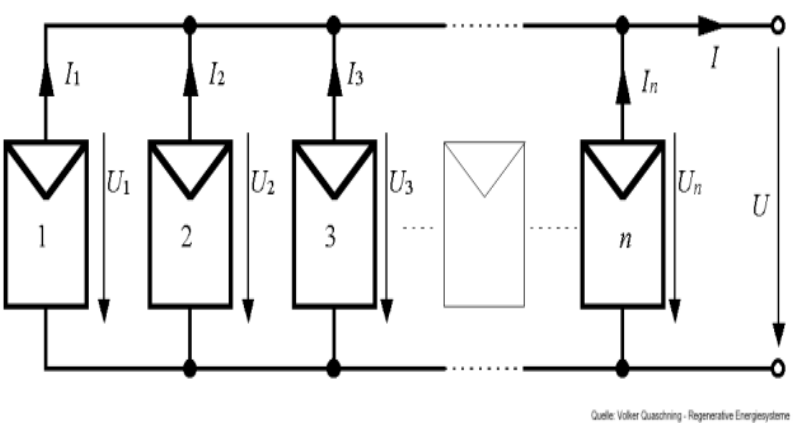
Ada dua cara pemasangan PV, yaitu secara seri dan secara paralel.

a. Seri



Gambar 3.12 PV disusun secara seri

b. Paralel



Gambar 3.13 PV disusun secara paralel

- Jumlah panel

Dalam menentukan berapa jumlah panel surya yang dipasang, tentu menyesuaikan dari kebutuhan beban yang diinginkan dan kondisi sumber mataharinya. Banyaknya jumlah panel yang dibutuhkan akan sangat bergantung pada jumlah total beban-handal yang perlu dipasok, kapasitas produksi panel, serta efisiensi baterai. Jumlah panel yang dibuthkan dalam suatu sistem PV dapat dihitung menggunakan persamaan

$$JMP = \frac{Bt}{EP \times \eta_{bat}}$$

Dimana :

JMP = jumlah minimum panel

Bt = total konsumsi energi (Watt-jam/hari)

EP = energi/kapasitas panel (Watt-jam/hari)

η_{bat} = efisiensi baterai

- Sistem Pendukung PV

- a. Baterai

Baterai merupakan sistem pendukung yang sangat bermanfaat di mana baterai akan berfungsi sebagai penyimpan daya ayng dihasilkan pada saat terjadi charging dan sebagai sumber tegangan saat pemakaian.

Untuk mengetahui baterai dengan kapasitas berapa yang dibutuhkan, dapat dilakukan penghitungan menggunakan persamaan

$$Kap = \frac{Bt \times n}{DOD \times V_{bat}}$$

Dimana :

Kap = kapasitas Baterai (Ah pada V_{ker})

Bt = total konsumsi energi (Watt-jam/hari)

n = jumlah hari dapat menyimpan energi

DOD = *depth of discharge*, jumlah muatan relatif yang dapat disalurkan Baterai

V_{bat} = tegangan kerja baterai

Beberapa hal perlu menjadi pertimbangan saat melakukan pemilihan baterai yang akan digunakan. Hal tersebut termasuk efisiensi pengisian baterai, SOC (*State of Charge*-jumlah muatan relatif baterai yang tersedia 0-100 %), Dept of Discharge (DOD-jumlah muatan yang disalurkan baterai saat terisi penuh), dan umur siklus baterai. Umur siklus baterai dibedakan menjadi 2, yaitu baterai siklus dangkal dan baterai siklus dalam. Baterai siklus dangkal didesain untuk kebutuhan 15% DOD harian. Sedangkan baterai siklus dalam didesain untuk kebutuhan 80% DOD harian. Disarankan menggunakan “*Deep Discharge Battery*”, pilih juga baterai yang memiliki DOD reguler 40% dan dapat memasok energi selama 3-4 hari ketika tidak ada matahari dengan DOD maksimum 80-90 % (Djojodihardjo, 2001).

Jumlah baterai yang disusun seri dan paralel dapat ditentukan berdasarkan persamaan dan berikut

$$J_s = \frac{V_{sis}}{V_{bat}}$$

$$J_p = \frac{J_b}{J_s}$$

Dimana :

J_s = jumlah seri

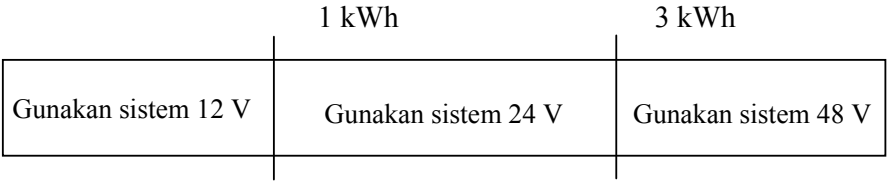
J_p = jumlah paralel

J_b = jumlah baterai

V_{sis} = tegangan kerja sistem (V)

V_{bat} = tegangan kerja baterai (V)

V_{sis} dari sistem yang dirancang di atas dapat ditentukan menggunakan skema pembagian (Djojodihardjo, 2001) berikut :



Gambar 3.14 Skema pembagian tegangan kerja sistem

Battery Charge Regulator (BCR) yang dipilih haruslah memenuhi persyaratan-persyaratan teknik antara lain :

- kapasitas maksimum input dan output
- mempunyai tegangan maksimal dan minimum untuk pemutusan hubungan

- konsumsi daya yang rendah
- mempunyai proteksi terhadap adanya hubungan singkat dan beban berlebih
- mempunyai *blocking diode* dan sesuai dengan kapasitas maksimum

Daya yang dihasilkan aki adalah daya potensial yang tersimpan dalam aki itu sendiri, tidak berkaitan dengan berapa besar daya yg diinputkan ke dalamnya. Dayanya dihitung dari perkalian Arus/Jam dalam satuan AmpereHour (Ah) dan tegangan (Volt). Sebagai contoh Aki 70 Ah mempunyai daya $70 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 840$ wattJam (wH). Kalau diberi beban 840 watt maka aki akan memberikan daya selama 1 jam, bila diberi beban 420 watt, akan bertahan 2 jam, bila diberi beban 210 watt, mampu bertahan 4 jam, dengan beban 105 watt akan bertahan selama 8 jam.

Angka daya per jam (watt/jam) dihasilkan dari perhitungan beban dan daya yang disimpan aki. Jadi aki 70Ah bisa memberikan daya bermacam-macam tergantung beban :

840 watt/jam selama 1 jam

420 watt/jam selama 2 jam

210 watt/jam selama 4 jam

105 watt/jam selama 8 jam, dan sebagainya.

Semua perhitungan dalam keadaan aki penuh.

Kalau dayanya dinyatakan 160 watt/jam, berarti itu perhitungan untuk pemakaian sekitar 5 jam atau tepatnya 5,25 jam.

Sedangkan Solar Cell 50 WP, kalau terus menerus menerima sinar matahari penuh, akan mampu mengisi penuh batere (aki) dalam waktu $840/50 = 16.8$ jam.

b. Inverter

Inverter adalah komponen yang berfungsi untuk mengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh PV (disimpan dalam baterai) ke dalam fase AC. Hal ini dilakukan karena sebagian besar peralatan listrik saat ini masih dirancang dengan sumber tegangan AC. Inverter ini mampu menghasilkan tegangan dari yang semula adalah 12 V menjadi 220 V. Dan ada kemungkinan tidak semua daya dari baterai akan dikonversi menjadi arus AC karena pasti terdapat fraksi. Efisiensi yang ada biasanya adalah 80-95 % (Patel, 1999).

III. 6. Pemeliharaan Instalasi PV dan Solar Home System

Langkah - langkah yang harus diperhatikan untuk pemeliharaan PV adalah sebagai berikut :

1. Letak panel surya harus mendapatkan sinar matahari langsung dan tidak boleh terhalangi oleh pohon atau rumah lainnya.
2. Lakukan pembersihan panel surya secara berkala atau jika tertutup debu tebal.
3. Baterai harus diletakkan di dalam rumah dan dijauhkan dari jangkauan anak-anak.
4. Pastikan bahwa semua terminal baterai terikat kuat dan bersih. Umumnya baterai tidak berfungsi karena terminalnya longgar dan kotor (berdebu).
5. Jangan menjemur pakaian pada panel surya karena akan menghalangi cahaya matahari.
6. Beban peralatan tidak boleh melebihi kapasitas baterai.
7. Baterai BERBAHAYA. Baterai mengandung asam yang dapat membakar kulit, mata dll. Baterai mengeluarkan hidrogen menyebabkan korosi dan berpotensi meledak jika terkena percikan api atau terbakar.
8. Hindari pemakaian lampu di siang hari.
9. Isi baterai dengan air hujan langsung jika tidak ada air aki.

Berikut langkah yang harus diperhatikan apabila sistem listrik tenaga surya tidak berfungsi :

1. Periksa dan pastikan semua kabel terhubung dengan baik (tidak kendur atau rusak).
2. Periksa apakah peralatan listrik (seperti lampu, TV, atau radio) masih beroperasi dengan baik.
3. Lihat level indikator pengisian pada baterai untuk melihat apakah baterai masih berfungsi (menunjukkan adanya pengisian).
3. Lihat apakah air aki baterai masih berada pada level normal (tidak berada di bawah level lower)
4. Lihat apakah panel surya terhalang sesuatu? Pastikan panel tidak terhalang karena akan mengurangi kapasitas pengisian
5. Gunakan avometer untuk memeriksa apakah ada tegangan pada stop kontak dan pengontrol.
6. Jika ada tegangan, maka ganti starter atau lampu dengan yang baru.

7. Jika tidak ada tegangan, baterai tidak terisi secara optimal
8. Gunakan avometer untuk memeriksa apakah ada tegangan yang keluar dari panel surya?
9. Jika tidak ada tegangan, hubungi agen panel surya untuk melakukan pemeriksaan.
10. Jika ada tegangan, baterai tidak terisi secara optimal.

B A B IV

PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK

IV.1. Alat-alat yang Digunakan

Pelaksanaan Kerja Praktek ini tidak begitu memerlukan alat-alat yang khusus. Alat-alat yang digunakan antara lain :

1. Alat tulis berupa pulpen dan kertas yang digunakan untuk melakukan pencatatan data yang diperoleh dari narasumber (pemilik) SHS.
2. Lembar pertanyaan
3. Lembar data warga yang memiliki instalasi SHS.
4. Alat transportasi berupa sebuah sepeda motor.
5. Kamera digital untuk mendokumentasikan instalasi PV yang ada di lapangan.
6. Komputer untuk melakukan pengolahan data dan menyusun laporan.

IV.2. Tata Laksana Kerja Praktek

1. Mencari data tentang lokasi dan wilayah yang terdapat instalasi SHS

Dalam mencari data keberadaan instalasi Solar Home system, maka kami mendatangi Kantor Pusat Studi Energi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Dari PSE UGM diperoleh keterangan bahwa ada pihak yang memasang SHS salah satunya yaitu Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Dari kantor Departemen ESDM Propinsi DIY, diperoleh seratus data warga yang telah menerima bantuan PLTS (SHS) pada tahun 2007 dan tersebar di tiga kabupaten yaitu Kabupaten Bantul, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Kulon Progo.

2. Mengunjungi Beberapa Instalasi di Daerah Istimewa Yogyakarta

Dari data yang diperoleh, tidak semua didatangi untk dilakukan wawancara. Namun hanya sekitar 20 warga saja yang didatangi kemudian dilakukan survey dan wawancara. Dan ada juga salah satu warga yang pemasangannya bukan pada tahun 2007 dan juga bukan bantuan dari Departemen ESDM DIY.

Beberapa lokasi instalasi SHS yang didatangi adalah :

1. Dusun Gundengan, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman

- Pemilik : Jumadi, Muhdiraharjo, Ahmad Suhadi
2. Tegal Domban, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Pemilik : Walidi, Muhdiharjo, Paijem
 3. Dusun Dlingosari, Pedukuhan Klumpit 1, Kelurahan Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Pemilik : Adi Mintari, Rubiman, Mantodiharjo, Ngatijo, Pardimin
 4. Dusun Petung, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Pemilik : Jilah, Somo Wiyono, Sedyo Pawiro
 5. Dusun Sambikerep, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Pemilik : M Suroso EW, Paimin,
 6. Dusun Duwuran, Kelurahan Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Pemilik : Arjo Utomo, Gunardi, Supriyanto, Suratmanto, Warjiyanto

3. Mengajukan Beberapa Pertanyaan Kepada Pemilik atau Penanggung Jawab Instalasi.

Agar tidak terjadi kekeliruan dan mengantisipasi berbagai kemungkinan, maka disusun beberapa pertanyaan yang akan diajukan. Beberapa pertanyaan yang diajukan adalah:

1. Kapan instalasi ini di bangun?
2. Berapa biaya total yang dikeluarkan untuk membangun Solar House System?
3. Bagaimana konstruksi instalasinya?
4. Siapa yang memasang?
5. Bagaimana Posisi PV?
6. Apakah sistemnya terhubung dengan listrik dari PLN?
7. Dalam satu hari berapa jam bisa menghasilkan listrik/pemakaiannya?
8. Berapa kapasitas daya listrik yang dihasilkan?
9. Apakah sesuai atau tidak daya yang dihasilkan setelah instalasi dengan kapasitas PV yang direncanakan? Berapa Daya Kolektor Maksimal?
10. Daya listrik yang dihasilkan digunakan untuk apa saja? Berapa Kebutuhan listrik(beban)?
11. Apakah ada kendala dalam perawatannya?

12. Apa keluhan yang dialami?
13. Apakah ada kejadian tiba-tiba PV tidak bekerja atau daya yang dihasilkan melemah setelah beroperasi sekian lama?
14. Adakah pengaruh posisi matahari terhadap daya yang dihasilkan, turun atau naik dayanya?(bulan)
15. Adakah pengecekan rutin dari petugas terkait (misalnya dr pihak penyalur bantuan)?
16. Pemilik skala rumah tangga mengerti tidak dengan panel surya itu?
17. Ketinggian tempat/lokasi?(profil)
18. Jenis/Merk PV?
19. Ukuran(luas) dan Jumlah Sel?
20. Arus, tegangan, efisiensi ?
21. Insolasi Matahari (I)? dlm W/m^3

Pertanyaan pada nomor 11 dan 12 merupakan pertanyaan inti untuk mendapatkan data permasalahan tentang Solar Home System. Sedangkan untuk pertanyaan nomor 18 sampai dengan nomor 21 digunakan untuk perbandingan antara daya yang seharusnya dihasilkan dengan daya sebenarnya.

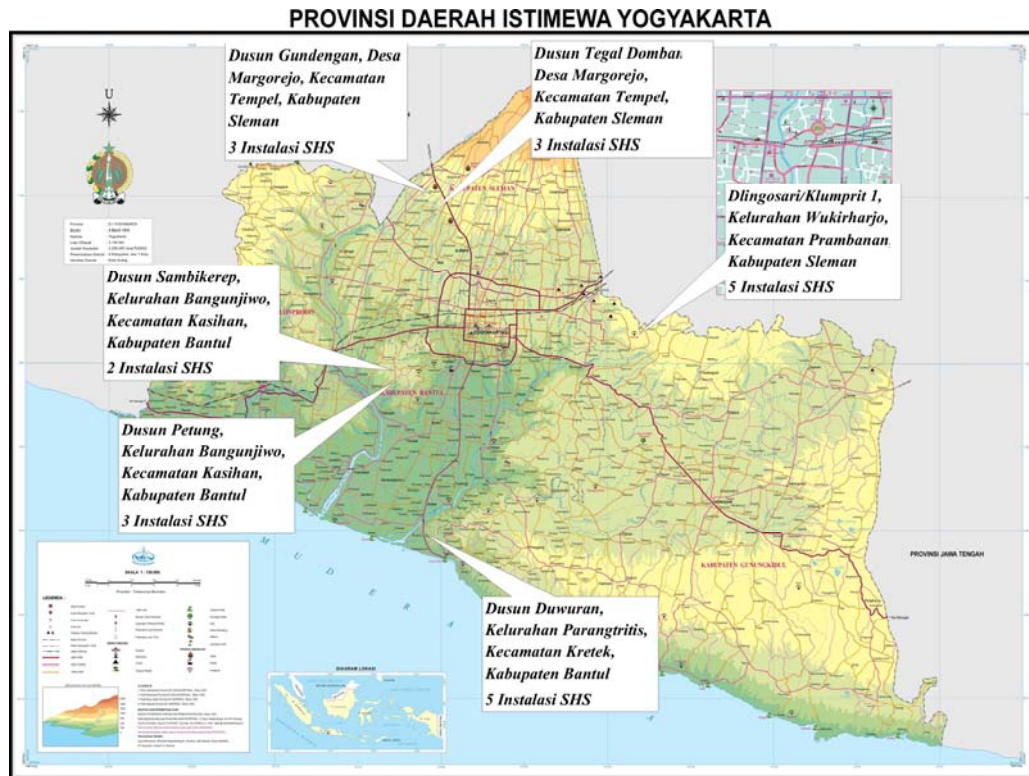
4. Menganalisis Data

Analisis yang akan dilakukan adalah dengan membandingkan daya yang dihasilkan dengan daya maksimal yang seharusnya. Daya maksimal diperoleh berdasarkan hasil wawancara poin pertanyaan no 7 (tujuh) yaitu lamanya penggunaan beban output. Berdasarkan dari data yang ada dan tercantum pada PV, untuk merk PV KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C, daya maksimal yang mampu dihasilkan adalah 54 Watt pada Irradian $1000 W/m^2$ dan 38 Watt pada Irradian $800 W/m^2$.

B A B V

HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1. Hasil Survey



Gambar 5.1. Peta Lokasi Pengambilan Data SHS

1. Lokasi : Dusun Gundungan, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman

Lokasi Dusun Gundungan berada di wilayah yang datar sehingga mudah untuk dijangkau serta akses ke wilayah di Sleman sangat terbuka. Hal ini mengingat lokasinya berada di pinggir jalan besar yaitu jalan Yogyakarta – Magelang. Jumlah PV (PLTS) keseluruhan yang ada di dusun gundungan adalah 13 unit. Masing-masing unit dipasang di satu rumah warga. PLTS tersebut berasal dari bantuan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Propinsi DIY.

Pengelolaan dan perawatan dilakukan secara berkelompok. Warga yang memiliki PV membentuk perkumpulan atau kelompok yang memiliki kepengurusan. Hal ini untuk mengantisipasi banyaknya warga penerima bantuan PV yang tidak

mengerti tentang perawatannya karena sebagian besar penerima sudah berusia lanjut. Bahkan sebagian besar adalah janda. Pengurus yang bertanggung jawab terhadap pemeliharaan PV dengan menggunakan dana hasil iuran setiap bulan.

Dari 13 rumah yang memiliki PV, dilakukan wawancara di 3 rumah. Namun, dari tiga rumah tersebut, salah satunya adalah pengurus kelompok sehingga mengetahui banyak tentang permasalahan yang ada masing-masing anggota.

Berikut adalah data yang diperoleh dari wawancara :

Nama Pemilik : Jumadi
Alamat : Dusun Gundengan RT 05, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 7 Jam (2 Lampu)
Keluhan : - Lampu tidak bisa menyala sampai satu malam penuh
- Inverter harus diganjil agar bisa menyala

Nama Pemilik : Muhsiraharjo
Alamat : Dusun Gundengan RT 05, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 4 Jam (2 lampu)
Keluhan : - Lampu TL mati
- Rusak bagian rangkaian pada ballast lampu dan

tidak tahu di mana membeli komponennya

Nama Pemilik : Ahmad Suhadi
Alamat : Dusun Gundengan RT 05, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 3 Jam (3 lampu)
Keluhan : Daya yang dihasilkan kurang karena mungkin posisi PV terhalang pohon

2. Lokasi : Tegal Domban, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman

Lokasi dusun Tegal Domban tepat berada di selatan Dusun Gundengan sehingga memiliki kemiripan karakter alam. Wilayahnya masih berada di dataran dan tidak berbukit. Jumlah warga Dusun Tegal Domban yang menerima bantuan SHS dari Departemen ESDM ada 17 dan 2 di antaranya berada di TK ABA. Berbeda dengan di Dusun Gundengan, warga Tegal Domban tidak ada pengurus yang bertugas melakukan pengecekan terhadap SHS sehingga tanggung jawab pemeliharaan menjadi kewajiban masing-masing. Dari 17 lokasi, berhasil melakukan wawancara terhadap 3 warga.

Berikut adalah data yang diperoleh dari wawancara :

Nama Pemilik : Walidi
Alamat : Dusun Tegal Domban RT 02/RW 25, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)

Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 10 jam (1 lampu)
Keluhan	: - Lampu mati 2 titik - Posisi inverter kurang strategis
Nama Pemilik	: Muhdiharjo
Alamat	: Dusun Tegal Domban RT 02/RW 25, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 5 Jam (2 lampu) pemakaian sampai alarm berbunyi
Keluhan	: Lampu mati di 1 titik karena bagian rangkaian di dalam rumah lampu (ballast) mati dan tidak tahu di mana membeli komponennya.
Nama Pemilik	: Paijem
Alamat	: Dusun Tegal Domban RT 03/RW 25, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 5 Jam (2 lampu)
Keluhan	: Lampu mati di 1 titik

3. Lokasi : Dusun Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Kelurahan Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman

Dusun Dlingosari berada di wilayah pegunungan dan medan yang sulit dijangkau. Jumlah SHS yang dipasang tahun 2007 berjumlah 13 dan ada beberapa yang lain adalah instalasi tahun 2006. SHS tahun 2007 merupakan bantuan dari Departemen ESDM dan yang 2006 adalah bantuan dari Pusat Studi Energi UGM. Pemeliharaan dan hal lainnya menjadi tanggung jawab masing-masing warga. Meski cukup banyak yang memperoleh bantuan tersebut, namun sebagian besar masih menggunakan listrik dari PLN. Listrik tersebut diperoleh dengan iuran beberapa rumah/Kepala Keluarga, yang kemudian memasang meteran listrik PLN di dusun lain yang dekat dengan jaringan PLN, kemudian dari tempat itu ke rumah-rumah dihubungkan dengan kabel yang biasa. Data berhasil diperoleh dari 5 orang warga pemilik SHS.

Berikut adalah data yang diperoleh dari wawancara :

Nama Pemilik	: Adi Mintari
Alamat	: Ds. Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 4 Jam (3 lampu)
Keluhan	: Daya tidak bertahan lama padahal SHS lain bisa lama
Nama Pemilik	: Rubiman
Alamat	: Ds. Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C

Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 4 Jam (2 lampu) dan 5 Jam (1 lampu)
Keluhan	: Tidak ada keluhan
Nama Pemilik	: Mantodiharjo
Alamat	: Ds. Dlingosari Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 7 Jam (1 lampu)
Keluhan	: Lampu mati 2 titik karena adanya kerusakan pada rangkaian ballast
Nama Pemilik	: Ngatijo
Alamat	: Ds. Dlingosari Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 8 Jam (1 lampu)
Keluhan	: Lampu mati 2 titik karena rangkaian ballast rusak

Nama Pemilik	: Pardimin
Alamat	: Ds. Dlingosari Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Merk PV	: ISOFOTON
Merk Inverter	: PSE UGM (tidak bermerek)
Beban output	: 24 Watt (3 lampu masing-masing 8 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2006 (Bantuan dari PSE UGM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 12 Jam (1 lampu untuk penerangan luar)
Keluhan	: Aki masih terpisah dengan inverter dan tidak ada penutupnya sehingga tidak fleksibel

4. Lokasi : Dusun Petung, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul

Jumlah instalasi SHS yang ada di Dusun Petung adalah 10 unit. Lokasinya terletak pada wilayah perbukitan dan dengan akses jalan yang sulit dijangkau dengan kendaraan bermotor. Kondisi warga yang memiliki instalasi SHS adalah warga yang tergolong kurang mampu. Namun daripada itu, masih ada sebagian dari mereka yang menggunakan listrik dari SHS hanya sebagai cadangan saat listrik dari PLN padam. Listrik PLN mereka peroleh dengan menyalur dari tetangga atau warga lain yang terdekat. Hanya ada 3 warga pemilik SHS yang berhasil diwawancara karena sebagian besar yang lain sedang bekerja.

Berikut adalah data yang diperoleh dari wawancara :

Nama Pemilik	: Jilah
Alamat	: Dusun Petung, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)

Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 2 jam (2 lampu hanya untuk cadangan PLN)
Keluhan : Lampu TL mati 1 titik

Nama Pemilik : Somo Wiyono
Alamat : Dusun Petung, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan,
Kabupaten Bantul
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 11 Jam (1 Lampu semalam penuh)
Keluhan : Lampu mati 1 titik

Nama Pemilik : Sedyo Pawiro
Alamat : Dusun Petung, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan,
Kabupaten Bantul
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 11 Jam (1 Lampu semalam penuh)
Keluhan :

- Lampu mati 1 titik
- Inverter pernah mati beberapa hari dan sama sekali tidak bisa digunakan

5. Lokasi : Dusun sambikerep, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul

Dusun Sambikerep terletak tidak jauh dari Dusun Petung dan memiliki karakteristik wilayah yang sama yaitu berbukit-bukit dengan jalan setapak namun sudah diblok semen. Kondisi wilayah tersebut memang menyulitkan untuk membangun jaringan listrik PLN. Namun masih tetap ada yang menggunakan listrik PLN dengan menyalur dari warga yang berada pada jalur listrik PLN. Seperti yang terjadi di Dusun Petung, sebagian besar warga Dusun ini juga sedang bekerja sehingga hanya dapat mewawancarai dua orang warga.

Berikut adalah data yang diperoleh dari wawancara :

Nama Pemilik	: M Suroso EW
Alamat	: Dusun Sambikerep, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 8 Jam (1 lampu hanya untuk lampu luar)
Keluhan	: Tidak ada keluhan
Nama Pemilik	: Paimin
Alamat	: Dusun Sambikerep, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam)	: 2 Jam (2 lampu) dan 4 Jam (1 lampu luar)
Keluhan	: Saat hujan daya kurang/menurun

6. Lokasi : Dusun Duwuran, Kelurahan Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul

Wilayah Dusun Duwuran berada di jalur wisata menuju pantai Parangtritis sehingga untuk keterjangkauan sangat mungkin. Namun di sebagian Dusun yang lain berada di kaki pegunungan seribu sehingga medannya cukup sulit dengan jalan setapak. Sebagian besar pemilik SHS juga masih menggunakan listrik PLN, sehingga SHS hanya sebagai cadangan. Pengelolaan SHS juga menjadi tanggung jawab masing-masing pemilik. Keluhan yang paling banyak dirasakan adalah ketika mendung atau hujan sehingga daya yang dihasilkan oleh SHS menjadi berkurang.

Wawancara berhasil dilakukan bersama 5 orang warga pemilik SHS.

Nama Pemilik : Arjo Utomo
Alamat : Dusun Duwuran RT 03, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 11 Jam (hanya 1 lampu menyala pk. 18.00 – 05.00)
Keluhan : Jika hujan daya sangat kurang

Nama Pemilik : Gunardi
Alamat : Dusun Duwuran RT 03, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 8 jam
Keluhan : Tidak ada keluhan

Nama Pemilik : Supriyanto
Alamat : Dusun Duwuran RT 03, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 8 Jam
Keluhan : Tidak ada keluhan

Nama Pemilik : Suratmanto
Alamat : Dusun Duwuran RT 04, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 7 Jam
Keluhan : Tidak ada keluhan

Nama Pemilik : Warjiyanto
Alamat : Dusun Duwuran RT 04, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid
Tahun Instalasi : 2007 (Bantuan dari Departemen ESDM)
Rata-rata penggunaan (jam) : 4 Jam (3 lampu)
Keluhan : Kabel pernah putus

V.2. Analisis dan Pembahasan Data

V.2.1. Analisis Sistem SHS Secara Ideal

Analisis dilakukan dengan membandingkan daya penggunaan dalam satu hari dengan kapasitas daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh sistem SHS. Jadi hasilnya adalah berapa prosentase perbandingan penggunaan daya output dari SHS sebenarnya dengan potensi daya maksimal yang bisa dihasilkan oleh sistem tersebut. Dengan mendapatkan data spesifikasi masing-masing komponen yang ada seperti PV, Baterai, Inverter serta mengasumsikan rugi-rugi pada instalasi perkabelan, maka mampu diperoleh daya keluaran yang seharusnya untuk setiap harinya.

Dalam satu sistem SHS hampir semua terdiri dari komponen dengan spesifikasi berikut :

- 1 buah PV dengan spesifikasi

Merk PV : KYOCERA buatan Jepang

Model /Seri : KC50T / 0755AB1027 / Class C

Irradiance : 1000 W/m^2 / 800 W/m^2

A_m : 1,5

P_{\max} : 54 W / 38 W

$V_{p \max}$: 17,4 V / 15,3 V

$I_{p \max}$: 3,11 A / 2,49 A

V_{oc} : 21,7 V

I_{cc} : 3,31 A

Max System Volt : 600 V

Berat : 5 Kg

Luas : 65.2 cm x 63.9 cm

Kyocera Solar Panel dengan 54Wp +15% -5% termasuk jenis multikristalin dengan efisiensi yang diklaim lebih dari 16%. Panel surya ini digaransi akan tahan 25. Dengan insolasi matahari 4-5kwh/m² akan mampu menghasilkan 870 kiloJoule/hari = 240 watt-jam/hari.

Secara lengkap spesifikasinya adalah sebagai berikut :



Gambar 5.2 Modul PV

Tabel V.1 Spesifikasi KC50T-1

SPECIFICATIONS	
<i>in mm</i>	
ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
<i>Current-Voltage characteristics at various cell temperatures</i>	
<i>Current-Voltage characteristics at various irradiance levels</i>	
ELECTRICAL PERFORMANCE	
PV module type	KC50T-1
At 1000 W/m² (STC)*	
Maximum Power	[W] 54
Maximum System Voltage	[V] 750
Maximum Power Voltage	[V] 17.4
Maximum Power Current	[A] 3.11
Open Circuit Voltage (V_{oc})	[V] 21.7
Short Circuit Current (I_{sc})	[A] 3.31
At 800 W/m² (NOCT)**	
Maximum Power	[W] 38
Maximum Power Voltage	[V] 15.3
Maximum Power Current	[A] 2.49
Open Circuit Voltage (V_{oc})	[V] 19.7
Short Circuit Current (I_{sc})	[A] 2.67
NOCT	[°C] 47
Power tolerance	[%] +15 / -5
Temperature Coefficient of V_{oc}	[V/°C] -8.21×10^{-2}
Temperature Coefficient of I_{sc}	[A/°C] 1.33×10^{-3}
Reduction of efficiency (from 1000 W/m² to 200 W/m²)	[%] 6.2
DIMENSIONS	
Length	[mm] 639
Width	[mm] 652
Depth / incl. junction box	[mm] 36 / 54
Weight	[kg] 5.0
Connection type	Screw terminals
Junction box	[mm] 120x180x46
IP Code	IP65
GENERAL INFORMATION	
Performance guarantee	10*** / 20 years****
Warranty	2 years
CELLS	
Number per module	36
Cell Technology	multicrystal
Cell Shape	rectangular
Cell Bonding	3 busbar
* Electrical values under standard test conditions (STC): irradiation of 1000 W/m², air mass AM 1.5 and cell temperature of 25 °C	
** Electrical values under normal operating cell temperature (NOCT): irradiation of 800 W/m², air mass AM 1.5, wind speed of 1 m/s and ambient temperature of 20 °C	
*** 10 years or 90 % of the minimally specified power P under standard test conditions (STC)	
**** 20 years or 80 % of the minimally specified power P under standard test conditions (STC)	

- 1 buah baterai dengan spesifikasi
Merk : YUASA
Jenis : 65D26R/NS70
Kapasitas : 65 Ah
Voltase : 12 Volt
- 1 buah inverter dengan spesifikasi
Merk : SUNDAYA
Jenis : S3.600
Voltage : 12 V
Arus : 10 A max
- 3 buah lampu TL dengan spesifikasi
Merk : PHILIPS TDL
Daya : 10 W
Total 3 buah lampu memiliki beban daya 30 W

Sedangkan untuk data besarnya radiasi matahari di wilayah yang bersangkutan, Prambanan, Tempel, Kretek, Kasihan didekati dengan menggunakan radiasi matahari rata-rata untuk wilayah DIY yang diambil pada bulan September 2008. Data radiasi matahari DIY adalah sebagai berikut :

Tabel V.2 Data Radiasi Matahari (Sumber : Stasiun Geofisika Yogyakarta)

Jam	Radiasi Matahari (W/m ²)						
	5-5-2008	24-5-2008	26-5-2008	27-5-2008	9-9-2008	10-9-2008	24-9-2008
6	1.05	0.81	0.92	0.67	1.06	4.91	7.50
7	30.00	32.88	35.90	35.12	21.06	62.64	48.45
8	139.44	136.79	146.47	143.44	151.16	162.41	186.28
9	362.31	406.04	395.41	422.08	326.81	454.28	586.93
10	459.81	587.09	469.49	553.60	674.76	521.20	778.25
11	655.16	683.27	529.53	705.69	808.91	619.16	877.85
12	768.10	720.39	728.52	752.55	802.20	849.56	933.35
13	759.07	723.66	790.89	784.05	778.81	837.28	896.99
14	595.77	649.86	712.97	708.58	703.75	765.23	795.82
15	392.34	501.50	574.24	572.36	535.93	530.41	637.01
16	204.04	315.41	392.68	310.55	398.04	366.71	424.05
17	63.27	126.98	150.65	127.63	156.66	167.64	161.90
18	6.96	12.10	9.78	11.88	8.19	12.62	11.97
Rata-rata	341.33	376.67	379.80	394.48	412.87	411.85	488.18
	Rata-rata yang diambil untuk perhitungan				400.74 (W/m ²)		

Untuk perhitungan daya output yang digunakan adalah Insolasi harian (IH) sehingga diperoleh nilai IH sebesar 2,6 kWh/m²/hari. Nilai ini diperoleh dengan mengambil asumsi nilai insolasi radiasi matahari $\approx 400,7 \text{ W/m}^2$, rata-rata intensitas 0,8 dari maksimum, dan lama penyinaran rata-rata 8 jam. Nilai 0,8 diperoleh akibat adanya rugi-rugi karena pengaruh lingkungan.

Maka, telah didapatkan nilai-nilai untuk menghitung besarnya daya yang bisa dihasilkan PV, yaitu :

W_{p1} : 54 W (untuk nilai Irradian 1000 W/m² – sesuai spesifikasi PV)

W_{p2} : 38 W (untuk nilai Irradian 800 W/m² – sesuai spesifikasi PV)

IH : 2,6 kWh/m²/hari

η : 14 % (asumsi karena setiap pengurangan nilai irradians akan mempengaruhi nilai efisiensi – berkurangnya Irradians dari 1000 W/m² menjadi 200 W/m² mengakibatkan berkurangnya efisiensi hingga 6,2 % seperti yang tercantum dalam spesifikasi)

Sedangkan nilai PSH dapat dihitung dengan persamaan

$$PSH = \Sigma \bar{I} \cdot \Delta t / IR$$

Dengan nilai $\bar{I} = 400,7 \text{ W/m}^2$ dan $\Delta t = 1 \text{ jam}$ (karena pengukuran dilakukan tiap 1 jam), dan lama penyinaran matahari diasumsikan 10 jam per hari, maka

$$\begin{aligned} PSH_1 &= \Sigma(400,7 \text{ W/m}^2 \cdot 1) / 1000 \text{ W/m}^2 && (STC) \\ &= 10 (400,7 \text{ W/m}^2 \cdot 1 \text{ Jam}) / 1000 \text{ W/m}^2 \\ &= 4,007 \text{ Jam (dengan } W_p = 54 \text{ W)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PSH_2 &= \Sigma(400,7 \text{ W/m}^2 \cdot 1) / 800 \text{ W/m}^2 && (NOCT) \\ &= 10 (400,7 \text{ W/m}^2 \cdot 1 \text{ Jam}) / 800 \text{ W/m}^2 \\ &= 5,008 \text{ Jam (dengan } W_p = 38 \text{ W)} \end{aligned}$$

Dengan nilai PSH = 4,007 Jam, atau pada perbandingan operasi tes laboratorium (*Standard Test Conditions*) dapat dihitung nilai daya total yang dapat disuplai oleh sistem SHS, yaitu dengan persamaan :

$$W_h = N_{modul} \cdot PSH \cdot W_{peak} \cdot \eta_{sistem}$$

di mana :

W_h adalah daya beban yang diperlukan

$$N_{modul} = 1$$

$$W_{peak} = 54 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}\eta_{sistem} &= 0,95 \cdot 0,85 \cdot 0,90 \\ &= 0,72675 \approx 0,73\end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}W_h &= 1 \cdot 4,007 \text{ Jam} \cdot 54 \text{ W} \cdot 0,73 \\ &= 157,96 \text{ Watt-Jam per hari} \approx 158 \text{ Watt-Jam per hari}\end{aligned}$$

Jadi untuk SHS yang dipasang oleh Departemen ESDM tahun 2007 secara ideal akan memberikan daya listrik sebesar 125,8 Watt-Jam per hari.

Sedangkan jika dihitung menggunakan PSH = 5,008 Jam dengan $W_{peak} = 38$ Watt pada kondisi NOCT (*Normal Operating Cell Temperature*), maka nilai W_h adalah sebagai berikut :

$$W_h = N_{modul} \cdot PSH \cdot W_{peak} \cdot \eta_{sistem}$$

di mana :

W_h adalah daya beban yang diperlukan

$$N_{modul} = 1$$

$$W_{peak} = 38 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}\eta_{sistem} &= 0,90 \cdot 0,95 \cdot 0,85 \\ &= 0,72675 \approx 0,73\end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}W_h &= 1 \cdot 5,008 \text{ Jam} \cdot 38 \text{ W} \cdot 0,73 \\ &= 138,93 \text{ Watt-Jam per hari} \approx 139 \text{ Watt-Jam per hari}\end{aligned}$$

Nilai yang tidak jauh berbeda dengan sebelumnya. Dan untuk perhitungan selanjutnya akan menggunakan daya suplai total adalah 139 Watt-Jam per hari. nilai ini sebenarnya jauh di bawah kondisi tes ideal karena pada lembar manual yang dikeluarkan produsen, PV dapat menghasilkan 240 Watt-Jam per hari. hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa hal :

1. Perbedaan besarnya radiasi matahari di DIY yang tidak sesuai dengan kondisi ideal tes PV.

2. Perbedaan kondisi udara baik itu cuaca maupun temperatur lingkungan yang tidak selalu tetap setiap saat.
3. Adanya faktor rugi-rugi tambahan yang pada setiap rumah tidak sama seperti pada perkabelan antar unit pendukung sistem (PV-baterai, baterai-inverter, dan inverter-lampu).
4. Faktor lain dari cara pemasangan posisi PV yang tidak optimal (tidak dibahas di analisis ini).

V.2.2. Analisis Perbandingan Data Lapangan dengan Sistem SHS Secara Ideal

1. Jumadi

Nama Pemilik	: Jumadi
Rata-rata penggunaan (jam)	: 7 Jam (2 Lampu) pukul 18.00 – 01.00
Keluhan	: - Lampu tidak bisa menyala sampai satu malam penuh - Inverter harus diganjal agar bisa menyala
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Dari data di atas, maka untuk satu hari keluarga Bapak Jumadi akan menggunakan listrik dari SHS sebesar :

$$7 \text{ Jam} \times 2 \times 10 \text{ Watt} = 140 \text{ WattJam per hari (140 Watthours/day)}$$

Untuk selanjutnya jumlah daya listrik beban disebut dengan W_{beban} . Jika dibandingkan dengan daya listrik ideal yang dihasilkan oleh SHS, ternyata prosentase ini melebihi yang ideal, yaitu sebesar :

$$W_{\text{beban}} = 140 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{\text{beban}} / W_h = (140 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 100,72 \%$$

Hal ini disebabkan oleh beberapa hal :

- Adanya perbedaan data meteorologi antara yang digunakan pada perhitungan daya ideal dengan keadaan sesungguhnya pada daerah letak rumah Bapak Jumadi

- Adanya perbedaan rugi-rugi antara perhitungan secara ideal dengan kenyataan karena pada perhitungan ideal menggunakan asumsi yang tidak selalu tepat untuk semua tempat.
- Pada kenyataannya dari hasil wawancara, bahwa keluarga Bapak Jumadi selalu menyalakan lampu sampai terdengar bunyi alarm dari kotak (box) inverter yang menandakan bahwa daya mulai habis. Hal seperti itu selalu terjadi sampai akhirnya lampu tersebut mati dengan sendirinya.
- Perawatan yang baik dilakukan oleh Bapak Jumadi sehingga kualitas SHS tetap terjaga dengan baik.

2. Muhdiraharjo

Nama Pemilik	: Muhdiraharjo
Alamat	: Dusun Gundengan RT 05, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam)	: 4 Jam (2 lampu)
Keluhan	: - Lampu TL mati - Rusak bagian rangkaian pada ballast lampu dan tidak tahu di mana membeli komponennya
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$4 \text{ Jam} \times 2 \times 10 \text{ Watt} = 80 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 80 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (80 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 57,56 \%$$

Daya ini sangat jauh dibandingkan dengan daya ideal yang mampu dipasang oleh sistem. Padahal letak rumah Ibu Muhdiraharjo bersebelahan dengan rumah Bapak Jumadi. Hal ini mungkin disebabkan adanya rugi-rugi pada instalasi lebih besar yang mungkin saja disebabkan oleh perawatan yang kurang baik.

3. Ahmad Suhadi

Nama Pemilik	: Ahmad Suhadi
Alamat	: Dusun Gundengan RT 05, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam)	: 3 Jam (3 lampu)
Keluhan	: - Daya yang dihasilkan kurang karena mungkin posisi PV terhalang pohon
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$3 \text{ Jam} \times 3 \times 10 \text{ Watt} = 90 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 90 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (90 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 64,75 \%$$

Daya yang tidak maksimal tersebut bisa disebabkan oleh beberapa hal :

- Posisi PV yang terhalang oleh pohon sehingga radiasi matahari yang diterima oleh PV hanya sedikit.
- Adanya rugi-rugi yang lebih besar pada sistem perkabelan, konversi inverter atau pada baterai.

4. Walidi

Nama Pemilik	: Walidi
Alamat	: Dusun Tegal Domban RT 02/RW 25, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam)	: 10 jam (1 lampu)
Keluhan	: - Lampu mati 2 titik - Posisi inverter kurang strategis (menghalangi ruang tamu)
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C

Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
 Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
 Sistem On/Off Grid : Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$10 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 100 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 100 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (100 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 71,94 \%$$

Besarnya prosentase tersebut karena yang menyala hanya 1 lampu maka daya beban menjadi berkurang sehingga bisa bertahan lama. Pada kenyataannya lampu yang dinyalakan bersama-sama akan lebih cepat menghabiskan daya listrik yang ditampung baterai sehingga dalam selebaran manual dari PSE UGM menghimbau agar lampu tidak dinyalakan secara bersama-sama. Mungkin hal ini yang menyebabkan 1 lampu menyala bisa daya pemakaian lebih besar.

5. Muhdiharjo

Nama Pemilik : Muhdiharjo
 Alamat : Dusun Tegal Domban RT 02/RW 25, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
 Rata-rata penggunaan (jam) : 5 Jam (2 lampu) pemakaian sampai alarm berbunyi
 Keluhan : Lampu mati di 1 titik karena bagian rangkaian di dalam rumah lampu (ballast) mati dan tidak tahu di mana membeli komponennya.
 Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
 Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
 Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
 Sistem On/Off Grid : Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$5 \text{ Jam} \times 2 \times 10 \text{ Watt} = 100 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 100 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (100 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 71,94 \%$$

Ibu Muhdiharjo sudah berusia lanjut dan merupakan ibu dari Bapak Walidi serta rumahnya berdekatan. Perawatan dan kontrol sistem SHS di rumah Ibu Muhdiharjo selalu dilakukan oleh Bapak Walidi yang merupakan ketua perkumpulan warga yang memiliki SHS. Besar daya listrik yang dihasilkan di rumah Ibu Muhdiharjo mungkin dipengaruhi oleh :

- Perawatan yang baik pada instalasi seperti penggantian air aki yang rutin sehingga mengoptimalkan kinerja sistem
- Penggunaan lampu yang tidak menyala semua (3 lampu) sehingga baterai lebih tahan lama

6. Paijem

Nama Pemilik	: Paijem
Alamat	: Dusun Tegal Domban RT 03/RW 25, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam)	: 5 Jam (2 lampu)
Keluhan	: Lampu mati di 1 titik karena ballast rusak
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$5 \text{ Jam} \times 2 \times 10 \text{ Watt} = 100 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 100 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (100 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 71,94 \%$$

Ibu Paijem adalah janda yang sudah berusia lanjut dan untuk perawatan SHS dilakukan oleh cucunya. Penggunaan lampu yang tidak menyala semua (3 lampu) sehingga baterai menjadi lebih tahan lama. mungkin hal ini yang menyebabkan penggunaan bisa cukup lama (5 jam untuk 2 lampu).

7. Adi Mintari

Nama Pemilik	: Adi Mintari
Alamat	: Ds. Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam)	: 4 Jam (3 lampu)
Keluhan	: Daya tidak bertahan lama padahal SHS lain bisa lama
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$4 \text{ Jam} \times 3 \times 10 \text{ Watt} = 120 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 120 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (120 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 86,33 \%$$

Besar prosentase daya listrik yang dihasilkan di rumah Bapak Adi Mintari mungkin dipengaruhi oleh perawatan yang baik pada instalasi seperti penggantian air aki yang rutin sehingga mengoptimalkan kinerja sistem. Lama waktu lampu menyala yang hanya sekitar 4 jam kemungkinan lebih besar disebabkan karena penggunaan lampu yang bersamaan sehingga daya yang disimpan pada baterai pun cepat habis.

8. Rubiman

Nama Pemilik	: Rubiman
Alamat	: Ds. Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam)	: 4 Jam (2 lampu) dan 5 Jam (1 lampu)
Keluhan	: Tidak ada keluhan
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600

Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$4 \text{ Jam} \times 2 \times 10 \text{ Watt} = 80 \text{ WattJam}$$

dan

$$5 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 50 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 130 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (130 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 93,53 \%$$

Prosentase penggunaan daya listriknya bisa dipengaruhi oleh :

- Pembagian waktu dalam menyalakan lampu sehingga tidak menyala secara bersama-sama sehingga membuat daya listrik yang tersimpan di baterai menjadi lebih awet
- Perawatan yang baik dilakukan dengan membersihkan bagian ballast lampu dan inverter menjadikan sistem tahan lama dan bekerja secara optimal

9. Mantodiharjo

Nama Pemilik : Mantodiharjo
Alamat : Ds. Dlingosari Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam) : 7 Jam (1 lampu)
Keluhan : Lampu mati 2 titik karena adanya kerusakan pada rangkaian ballast
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$7 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 70 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 70 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (70 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 50,36 \%$$

Pemakaian yang prosentasenya kecil ini mungkin dipengaruhi oleh adanya listrik dari PLN meskipun tidak secara langsung (hanya berbagi dengan tetangga), sehingga penggunaan lampu dengan daya dari SHS hanya untuk lampu di luar saja. Selain itu matinya dua lampu yang lain membuat pemilik lebih memilih mengoptimalkan daya listrik dari PLN.

10. Ngatijo

Nama Pemilik	: Ngatijo
Alamat	: Ds. Dlingosari Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam)	: 8 Jam (1 lampu)
Keluhan	: Lampu mati 2 titik karena rangkaian ballast rusak
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$8 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 80 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 80 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (80 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 57,56 \%$$

Sama seperti yang terjadi di rumah Ibu Mantodiharjo, pemakaian yang prosentasenya kecil ini mungkin karena penggunaan lampu dengan daya dari SHS hanya untuk lampu di luar saja. Kebutuhan utama masih ditopang oleh listrik jaringan PLN seperti untuk kebutuhan TV, setrika, radio, dan lain-lain. Selain itu matinya dua lampu yang lain membuat pemilik lebih memilih mengoptimalkan daya listrik dari PLN.

11. Pardimin

Nama Pemilik	: Pardimin
Alamat	: Ds. Dlingosari Pedukuhan Klumprit 1, Desa Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman
Rata-rata penggunaan (jam)	: 12 Jam (1 lampu hanya untuk penerangan luar)
Keluhan	: - Aki masih terpisah dengan inverter dan tidak ada penutupnya sehingga tidak fleksibel - Lampu mati 2 titik
Merk PV	: ISOFOTON
Merk Inverter	: PSE UGM (tidak bermerek)
Beban output	: 24 Watt (3 lampu masing-masing 8 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid
Tahun Instalasi	: 2006 (Bantuan dari PSE UGM)

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$12 \text{ Jam} \times 1 \times 8 \text{ Watt} = 96 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 96 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (96 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 69,07\%$$

Namun pendekatan ini mungkin saja tidak sesuai dengan sebenarnya. Hal ini dikarenakan oleh spesifikasi sistem yang berbeda. SHS yang ada di rumah Bapak Pardimin berbeda daripada yang lain karena dipasang tahun 2006 dan merupakan bantuan dari PSE UGM, bukan dari Departemen ESDM. Merk PV, Inverter dan Baterai berbeda dari yang lain sehingga pendekatan nilai ini mungkin tidak sepenuhnya mewakili.

12. Jilah

Nama Pemilik	: Jilah
Alamat	: Dusun Petung, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam)	: 2 jam (2 lampu hanya untuk cadangan PLN)

Keluhan	: Lampu TL mati 1 titik
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$2 \text{ Jam} \times 2 \times 10 \text{ Watt} = 40 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 40 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (40 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 28,78 \%$$

Penggunaan yang sedikit dari daya SHS ini memang karena keluarga Ibu Jilah hanya menempatkannya sebagai cadangan apabila listrik dari PLN mati sehingga lampu tidak selalu menyala.

13. Somo Wiyono

Nama Pemilik	: Somo Wiyono
Alamat	: Dusun Petung, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam)	: 11 Jam (1 Lampu semalam penuh)
Keluhan	: Lampu mati 1 titik
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$11 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 110 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 110 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (110 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 79,14 \%$$

Rumah yang didiami oleh Ibu Somo Wiyono hanya kecil dan terbuat dari bambu sehingga tidak memerlukan banyak lampu. Pada penggunaan sehari-hari, lampu yang dinyalakan hanya satu saja. Penggunaan yang prosentasenya cukup besar ini dipengaruhi oleh :

- Tidak terhubungnya dengan jaringan listrik PLN sehingga menjadi penerangan yang utama
- Tempat yang terbuka sehingga matahari tidak terhalang
- Penggunaan yang tidak mengoperasikan lampu secara bersamaan

14. Sedyo Pawiro

Nama Pemilik	: Sedyo Pawiro
Alamat	: Dusun Petung, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam)	: 11 Jam (1 Lampu semalam penuh)
Keluhan	: - Lampu mati 1 titik - Inverter pernah mati beberapa hari dan sama sekali tidak bisa digunakan
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$11 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 110 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 110 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (110 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 79,14 \%$$

Prosentase penggunaan listrik dari SHS dipengaruhi oleh :

- Karena yang menyala hanya 1 lampu maka daya beban menjadi berkurang sehingga bisa bertahan lama.
- Pada kenyataannya lampu yang dinyalakan bersama-sama akan lebih cepat menghabiskan daya listrik yang ditampung baterai sehingga dalam sebaran

manual dari PSE UGM / ESDM menghimbau agar lampu tidak dinyalakan secara bersama-sama. Mungkin hal ini yang menyebabkan 1 lampu menyala bisa daya pemakaian lebih besar.

15. M Suroso EW

Nama Pemilik : M Suroso EW
Alamat : Dusun Sambikerep, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam) : 8 Jam (1 lampu hanya untuk lampu luar)
Keluhan : Tidak ada keluhan
Merk PV : KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter : SUNDAYA S3.600
Beban output : 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid : Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$8 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 80 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 80 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (80 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 57,56 \%$$

Prosentase pemakaian yang hanya 57,56 % ini mungkin karena memang SHS tidak digunakan sebagai penerangan yang utama. Selain itu, rumah ini sudah memasang listrik dari PLN untuk kebutuhan usaha jahit yang mesin-mesinnya menggunakan listrik. Sebenarnya sulit untuk mengambil kesimpulan apakah pemakaian sudah optimal atau belum jika pemakaiannya tidak maksimal.

16. Paimin

Nama Pemilik : Paimin
Alamat : Dusun Sambikerep, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam) : 2 Jam (2 lampu hanya untuk belajar) dan 4 Jam (1 lampu luar)

Keluhan	: Saat hujan daya kurang/menurun
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$2 \text{ Jam} \times 2 \times 10 \text{ Watt} = 40 \text{ WattJam}$$

dan

$$4 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 40 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 80 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (80 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 57,56 \%$$

Penggunaan SHS di rumah Bapak Paimin hanya untuk penerangan pendukung listrik PLN saja yaitu untuk belajar dan kadang-kadang untuk penerangan luar (kadang-kadang dimatikan karena sudah dekat dengan lampu jalan yang dipasang masyarakat). Hal ini menyebabkan pemakaian daya SHS tidak mendekati potensi optimal dari sistem.

17. Arjo Utomo

Nama Pemilik	: Arjo Utomo
Alamat	: Dusun Duwuran RT 03, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam)	: 11 Jam (hanya 1 lampu menyala pk. 18.00 – 05.00)
Keluhan	: Jika hujan daya sangat kurang
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$11 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 110 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 110 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (110 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 79,14 \%$$

Keluarga Ibu Arjo Utomo menggunakan lampu dengan daya listrik dari SHS sebagai penerangan utama sehingga prosentase penggunaannya cukup besar. Namun, lampu yang lain kurang termanfaatkan karena rumah yang kecil dan terbuat dari bambu cukup hanya diterangi 1 lampu saja.

18. Gunardi

Nama Pemilik	:	Gunardi
Alamat	:	Dusun Duwuran RT 03, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam)	:	8 Jam (1 lampu untuk luar bukan yang utama-lainnya antisipasi jika listrik PLN mati)
Keluhan	:	Tidak ada keluhan
Merk PV	:	KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	:	SUNDAYA S3.600
Beban output	:	30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	:	Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$8 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 80 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 80 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (80 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 57,56 \%$$

Lokasi tempat Bapak Gunardi memang ada pohon-pohon di sekitarnya sehingga mungkin saja mempengaruhi daya yang dihasilkan. Namun karena pemakaiannya hanya sebagai cadangan listrik PLN, maka tidak bisa disimpulkan apakah hal itu berpengaruh. Jadi, faktor yang berpengaruh antara lain :

- Posisi PV yang mungkin terhalang pohon
- Penggunaan listrik SHS yang hanya sebagai cadangan

19. Supriyanto

Nama Pemilik	: Supriyanto
Alamat	: Dusun Duwuran RT 03, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam)	: 8 Jam (1 lampu)
Keluhan	: Tidak ada keluhan
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$8 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 80 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 80 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (80 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 57,56 \%$$

Prosentase penggunaan listrik dari SHS tidak cukup besar karena hanya digunakan sebagai cadangan saja. Padahal untuk di daerah Duwuran, Parangtritis ini daya yang dihasilkan bisa mendekati potensi maksimal SHS. Namun karena hanya digunakan untuk cadangan saja membuat daya yang terbuang atau tidak digunakan cukup besar.

20. Suratmanto

Nama Pemilik	: Suratmanto
Alamat	: Dusun Duwuran RT 04, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam)	: 7 Jam (1 lampu)
Keluhan	: Tidak ada keluhan
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$7 \text{ Jam} \times 1 \times 10 \text{ Watt} = 70 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 70 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (70 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 50,36 \%$$

Penggunaan listrik dari SHS hanya setengah (50 %) dari potensi maksimal karena hanya digunakan sebagai cadangan saja. Hal ini menyebabkan daya yang terbuang atau tidak digunakan cukup besar.

21. Warjiyanto

Nama Pemilik	: Warjiyanto
Alamat	: Dusun Duwuran RT 04, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul
Rata-rata penggunaan (jam)	: 4 Jam (3 lampu sampai mati sendiri)
Keluhan	: Kabel pernah putus
Merk PV	: KYOCERA KC50T / 0755AB1027 / Class C
Merk Inverter	: SUNDAYA S3.600
Beban output	: 30 W (3 buah Lampu PHILIPS TDL 10 W)
Sistem On/Off Grid	: Off-Grid

Penggunaan daya setiap harinya adalah sebesar :

$$4 \text{ Jam} \times 3 \times 10 \text{ Watt} = 120 \text{ WattJam}$$

Maka dapat diperoleh :

$$W_{beban} = 120 \text{ WattJam}$$

$$W_h = 139 \text{ WattJam}$$

$$W_{beban} / W_h = (120 \text{ WattJam} / 139 \text{ WattJam}) \times 100 \% = 86,33 \%$$

Keluarga Bapak Warjiyanto menggunakan listrik dari SHS sebagai penerangan utama dan pemakaiannya bisa optimal. Namun tetap saja tidak bisa memenuhi kebutuhan selama satu malam penuh karena waktu operasi lampunya bersama-sama.

Daya yang mampu dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain yaitu :

- Perawatan yang baik dilakukan dengan penggantian air aki secara rutin
- Posisi PV yang tidak terhalang pohon atau benda lain

B A B VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Dari analisis lama waktu pemakaian lampu dan jumlah daya listrik per hari yang digunakan pada masing –masing instalasi, dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa masalah yang ada pada setiap instalasi. Beberapa masalah yang mempengaruhi instalasi *Solar House System* tersebut seperti pada Tabel VI.1.

Tabel VI.1 Kategorisasi Permasalahan Pada Setiap Instalasi Solar House System

Lokasi /Wilayah	No.	Pemilik	Kategorisasi Masalah					
			Radiasi Matahari	Panel Surya	Perkabelan	Inverter	Baterai	Lampu
Gundengan, Tempel, Sleman	1.	Jumadi				√		√
	2.	Muhdiraharjo						√
	3.	Ahmad Suhadi		√				
Tegal Domban, Tempe l, Sleman	4.	Walidi						√
	5.	Muhdiraharjo						√
	6.	Paijem						√
Dlingosari, Wukirharjo, Prambanan, Sleman	7.	Adi Mintari						
	8.	Rubiman						
	9.	Mantodiharjo						√
	10.	Ngatijo						√
	11.	Pardimin						
Petung, Kasihah, Bantul	12.	Jilah						√
	13.	Somo Wiyono						√
	14.	Sedyo Pawiro				√		√
Sambikerep, Kasihah, Bantul	15.	M Suroso EW						
	16.	Paimin	√					
Duwuran, Parangtritis, Kretek, Bantul	17.	Arjo Utomo	√					
	18.	Gunardi						
	19.	Supriyanto						
	20.	Suratmanto						
	21.	Warjiyanto				√		

Dari Tabel VI.1 dapat diketahui bahwa:

1. Penggunaan daya listrik yang dihasilkan oleh SHS belum optimal.
2. Hal yang menyebabkan kurang optimalnya pemakaian daya listrik SHS sebagian besar karena oleh pemilik hanya dijadikan sebagai listrik alternatif apabila listrik dari PLN padam.
3. Masalah yang menyebabkan tidak optimalnya sistem sebagian besar karena masalah yang terjadi pada sistem lampu, yaitu rangkaian ballast yang rusak dan tidak diketahui di mana mendapatkan penggantinya
4. Instalasi yang ada di DIY hampir tidak mengalami masalah pada bagian baterai karena sudah cukup baik.
5. Tidak ada masalah yang cukup berarti pada sistem PV.

VI.2. Saran

1. Sebaiknya perlu dilakukan penambahan penggunaan listrik dari SHS agar daya yang dihasilkan tidak terbuang percuma dan mampu menghemat belanja listrik rumah tangga kepada PLN..
2. Perlu adanya perkumpulan pemilik SHS sehingga dapat melakukan kontrol dan perawatan secara berkala serta berkoordinasi mencari pengganti rangkaian ballast yang rusak.
3. Perlu dilakukan pengaturan agar tidak semua lampu (3 lampu) dinyalakan dalam waktu yang bersamaan.

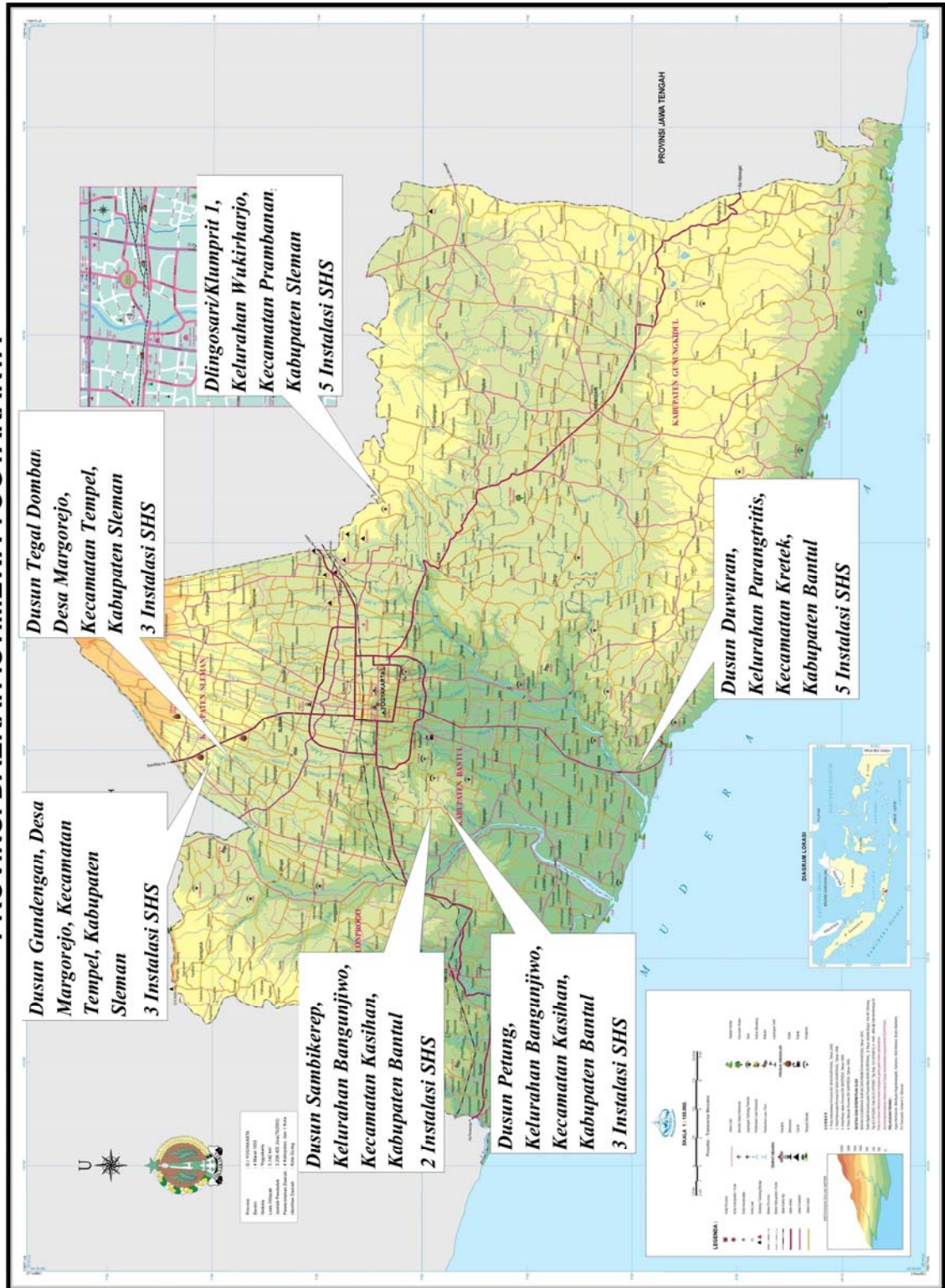
DAFTAR PUSTAKA

- Aberle, Armin G., 2004, *CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS Advanced Surface Passivation and Analysis*, University of New South Wales.
- Anonim, 2007, *KC50T-1 High Efficiency Multicrystal Photovoltaic Module*, <http://www.kyocerasolar.de>
- Anonim, 2008, *Energi Surya*, <http://www.jurnalinsinyurmesin.com>.
- Anonim, 2008, *Pemeliharaan Panel Surya*, <http://www.sharptenagasurya.com/>, Sharp Electronics Indonesia.
- Anonim, 2009, *Product Information*, <http://www.yuasa-battery.co.id/>, Yuasa Battery Indonesia.
- Anonim, 2009, *Sundaya Product*, <http://www.sundaya.com/>.
- Anonim, *Photovoltaic Fundamental*, <http://www.fsec.ucf.edu/pvt/>, Photovoltaic and Distribute Generation.
- Green, Martin A., 1998, *SOLAR CELLS Operating Principles, Technology and System Application*, University of New South Wales.
- Patel, Mukund R., 1999, *Wind and Solar Power System*, CRC Press.
- Penick, Tom and Louk, Bill, 1998. *Photovoltaic Power Generation*, Gale Greenleaf.
- Sihana, 2006, *Rekayasa Energi Surya*, Jurusan Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada.
- Wenham, S.R., Green, M.A., Watt, M.E., *Applied Photovoltaics*, Centre for Photovoltaic Devices and System.

LAMPIRAN A

Peta Lokasi Pengambilan Data

PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

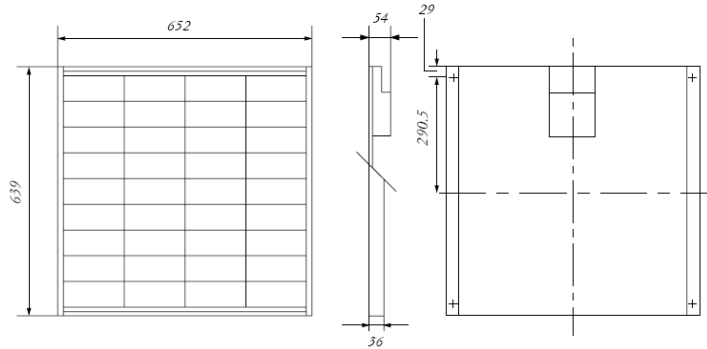


LAMPIRAN B

Spesifikasi KC50T-1

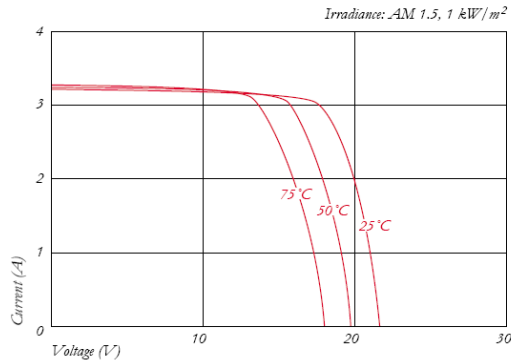
SPECIFICATIONS

in mm

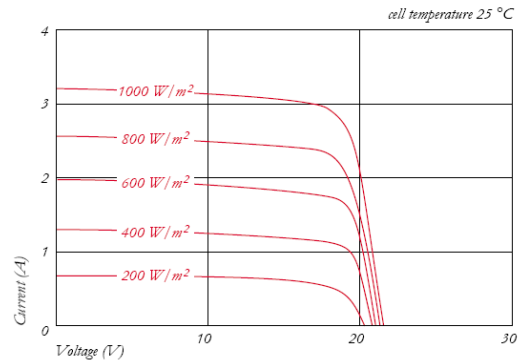


ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics at various cell temperatures



Current-Voltage characteristics at various irradiance levels



ELECTRICAL PERFORMANCE

PV module type	KC50T-1	
At 1000 W/m² (STC)*		
Maximum Power	[W]	54
Maximum System Voltage	[V]	750
Maximum Power Voltage	[V]	17.4
Maximum Power Current	[A]	3.11
Open Circuit Voltage (V _{oc})	[V]	21,7
Short Circuit Current (I _{sc})	[A]	3.31
At 800 W/m² (NOCT)**		
Maximum Power	[W]	38
Maximum Power Voltage	[V]	15.3
Maximum Power Current	[A]	2.49
Open Circuit Voltage (V _{oc})	[V]	19.7
Short Circuit Current (I _{sc})	[A]	2.67
NOCT	[°C]	47
Power tolerance	[%]	+15 / -5
Temperature Coefficient of V _{oc}	[V/°C]	-8.21x10 ⁻²
Temperature Coefficient of I _{sc}	[A/°C]	1.33x10 ⁻³
Reduction of efficiency (from 1000 W/m ² to 200 W/m ²)	[%]	6.2

DIMENSIONS

Length	[mm]	639
Width	[mm]	652
Depth / incl. junction box	[mm]	36 / 54
Weight	[kg]	5.0
Connection type	Screw terminals	
Junction box	[mm]	120x180x46
IP Code	IP65	

GENERAL INFORMATION

Performance guarantee	10*** / 20 years****
Warranty	2 years

CELLS

Number per module	36
Cell Technology	multicrystal
Cell Shape	rectangular
Cell Bonding	3 busbar

* Electrical values under standard test conditions (STC); irradiation of 1000 W/m², airmass AM 1.5 and cell temperature of 25 °C

** Electrical values under normal operating cell temperature (NOCT); irradiation of 800 W/m², airmass AM 1.5, wind speed of 1 m/s and ambient temperature of 20 °C

*** 10 years on 90 % of the minimally specified power P under standard test conditions (STC).

**** 20 years on 80 % of the minimally specified power P under standard test conditions (STC).

LAMPIRAN C

Foto Dokumentasi



Pemilik : Jumadi

Dusun Gundengan, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman



Pemilik : Muhdiraharjo

Dusun Gundengan, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman



Pemilik : Paijem

Dusun Tegal Domban, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman



Pemilik : Walidi

Dusun Tegal Domban, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman



Pemilik : Muhdiharjo

Dusun Tegal Domban, Desa Margorejo, Kecamatan Tempel, Kabupaten Sleman



Pemilik : Pardimin

Dusun Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Kelurahan Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman





Pemilik : Ngatijo

Dusun Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Kelurahan Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman



Pemilik : Mantodiharjo

Dusun Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Kelurahan Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman



Pemilik : Rubiman

Dusun Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Kelurahan Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman



Pemilik : Adi Mintari

Dusun Dlingosari, Pedukuhan Klumprit 1, Kelurahan Wukirharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman



Pemilik : M Suroso W

Dusun sambikerep, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul



Pemilik : Paimin

Dusun sambikerep, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul



Pemilik : Wakidi

Dusun sambikerep, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul



Pemilik : Somo Wiyono

Dusun Petung, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul



Pemilik : Jilah

Dusun Petung, Kelurahan Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul



Pemilik : Warjiyanto

Dusun Duwuran, Kelurahan Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul



Pemilik : Arjo Utomo

Dusun Duwurran, Kelurahan Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul



Pemilik : Suratmanto

Dusun Duwurran, Kelurahan Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul



Tipe lampu yang digunakan