

PERANCANGAN SOLAR HOME SYSTEM MENGUNAKAN HOMER

Aris Budiman¹, Agus Supardi², Muhibbur Rohman³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email : siekhai@gmail.com

Abstrak

Energi adalah sumber kehidupan. Salah satu bentuk energi yaitu energi listrik. Masih dipakainya pembangkit listrik konvensional secara umum sebagai pembangkit listrik utama menimbulkan masalah tersendiri, yakni sifatnya yang menimbulkan polusi, serta harga bahan bakar fosil yang memiliki kecenderungan selalu naik dan menyebabkan biaya investasi begitu besar di masa yang akan datang. Pemanfaatan energi alternatif berupa energi surya menggunakan solar cell merupakan salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut. Solar cell juga dapat diterapkan untuk skala rumah tangga yang umum disebut Solar Home System. Bagi para perancang Standalone Solar Home System, perhitungan yang akurat untuk menentukan sistem fotovoltaik yang ideal cukup sukar. Mengingat sumber daya insolasi matahari yang bersifat volatile serta konfigurasi sistem fotovoltaik yang dinamis dan tidak baku. HOMER adalah salah satu alat yang dapat membantu melakukan simulasi dan optimisasi agar didapatkan konfigurasi sistem yang ideal. Dalam perancangan Solar Home System, beberapa peralatan antara lain notebook dan modem, serta perangkat lunak HOMER dan Google Earth digunakan. Dengan mengumpulkan data berupa; profil beban, harga dan spesifikasi komponen, serta insolasi matahari, perancangan Solar Home System dapat dilakukan baik secara manual maupun dengan optimalisasi HOMER, sehingga didapatkan suatu konfigurasi SHS. Dari hasil perancangan manual dan perancangan yang telah disimulasikan dan dioptimisasikan menggunakan HOMER, didapatkan dua konfigurasi Solar Home System yang mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Hasil rancangan manual lebih ekonomis, akan tetapi rentan mengalami outage. Sedangkan konfigurasi dengan menggunakan optimisasi HOMER menghasilkan rancangan yang lebih handal dalam menghadapi variasi kenaikan beban dan kondisi radiasi matahari yang rendah.

Kata Kunci: Fotovoltaik; Solar Home System; Optimisasi; HOMER

Pendahuluan

Energi adalah sumber kehidupan. Salah satu bentuk energi yaitu energi listrik. Energi listrik dinilai lebih mudah dalam pemanfaatan karena fleksibilitasnya untuk dikonversi menjadi bentuk energi lain sehingga dipakai secara luas sampai saat ini. Energi listrik sendiri didapatkan dari energi lain yang ada pada bahan bakar yang kemudian dirubah menjadi energi listrik, proses konversi ini dilakukan oleh pusat pembangkit listrik. Masih dipakainya pembangkit listrik konvensional secara umum sebagai pembangkit listrik utama menimbulkan masalah tersendiri, yakni sifatnya yang menimbulkan polusi, serta harga bahan bakar fosil yang memiliki kecenderungan selalu naik dan menyebabkan biaya investasi begitu besar di masa yang akan datang.

Para ahli berupaya mencari solusi guna mengatasi masalah tersebut, yakni berupa pemanfaatan energi alternatif yang salah satunya adalah energi surya yang terbarukan. Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan dengan menggunakan panel surya (*solar cell*) yang akan mengkonversikan energi cahaya menjadi energi listrik secara langsung, sehingga dapat diterapkan untuk skala rumah tangga yang umum disebut sebagai *Solar Home System*.

Bagi para perancang *Standalone Solar Home System*, perhitungan yang akurat untuk menentukan sistem fotovoltaik yang ideal cukup sukar. Mengingat sumber daya insolasi matahari yang bersifat *volatile* serta konfigurasi sistem fotovoltaik yang dinamis dan tidak baku. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu alat yang dapat membantu melakukan simulasi agar didapatkan konfigurasi sistem yang optimal dalam perancangan, sehingga tujuan daripada perancangan dapat terpenuhi.

Salah satu alat tersebut berupa perangkat lunak yang bernama HOMER. Penulis berupaya mengaplikasikan perangkat lunak tersebut pada perancangan *Standalone Solar Home System* agar tercipta sistem yang ideal dan optimalisasi dalam perancangan tercapai.

Landasan teori

A. Solar Home System

PLTS untuk skala rumah tangga umumnya disebut Solar Home System, sistem ini adalah yang terdapat terhubung dengan jala-jala listrik dan ada yang mandiri. Solar Home System tersusun atas komponen antara seperti panel surya, baterai, charge controller, inverter (untuk beban AC), dan beban itu sendiri.

Gambar 1. Susunan Solar Home System

B. Fotovoltaik

Fotovoltaik merupakan sebuah proses untuk mengubah energi cahaya menjadi listrik. Ketika ada satu atau lebih foton yang masuk ke dalam sel surya yang terdiri dari lapisan semikonduktor, maka akan menghasilkan pembawa muatan bebas berupa elektron dan hole. Foton yang masuk berasal dari radiasi sinar 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). Prinsip ini diaplikasikan ke dalam sel surya. Berikut formula untuk menghitung kapasitas panel surya:

$$\text{-----} \tag{1}$$

Keterangan:

P_{pv} = Daya panel surya (kWp)

W = Total beban harian (kWh)

Z = Total jam per hari saat *peak sun hours* 1000 W/m² (h)

V = Kompensasi atas rugi-rugi (0,76).

C. Baterai

Baterai merupakan media penyimpan energi listrik. Penyimpanan energi listrik diperlukan apabila pemakaian energi listrik tidak dalam waktu yang bersamaan dengan waktu pembangkitannya. Baterai yang umum dipakai untuk PLTS adalah *lead-acid*, jenisnya antara lain sel basah, gel, dan platina. Berikut formula untuk menghitung kapasitas baterai:

$$\text{-----} \tag{2}$$

Keterangan:

C_n = Kapasitas baterai (Ah)

$2 = 1 / 0,5$ (dimana 0,5 adalah besarnya *Depth of Discharge* dalam persen)

W = Konsumsi energi harian (Wh)

F = Jumlah hari otonomi

V_n = Tegangan sistem (Volt).

D. Battery Charge Regulator

Pengaturan aliran daya pada sistem dilakukan oleh *BCR (Battery Charge Regulator)*. Hal ini berguna untuk melindungi baterai dan peralatan lainnya dari berbagai penyebab kerusakan. Jenis-jenis *BCR* yang ada dipasaran yakni; kontroller seri, kontroller parallel, dan kontroller menggunakan *MPP(Maximum Power Point) tracker*. Berikut formula untuk menghitung kapasitas *BCR*:

$$I_{BCR} = I_{sc \text{ panel}} \times N_{\text{panel}} \times 125\% \quad (3)$$

Keterangan:

I_{BCR} = Arus *BCR* (Ampere)
 $I_{SC \text{ panel}}$ = Arus hubung-singkat panel surya (Ampere)
 N_{panel} = Jumlah panel surya
 125% = Kompensasi.

E. Inverter

Inverter adalah alat untuk mengubah tegangan DC menjadi AC, hal ini dilakukan agar dapat menggunakan beban AC pada sistem pembangkit tegangan DC. Tiga jenis inverter yang ada dipasaran yakni; inverter gelombang sinus, gelombang sinus termodifikasi, dan inverter gelombang kotak. Berikut formula untuk menghitung kapasitas inverter:

$$P_{\text{inverter}} = P_{\text{max}} \times 125\% \quad (4)$$

Keterangan:

P_{inverter} = Daya inverter (Watt)
 P_{max} = Beban puncak (Watt)
 125% = Kompensasi.

F. HOMER

HOMER adalah perangkat lunak yang dapat melakukan simulasi dan optimisasi. Tampilan perangkat lunak HOMER bisa dilihat di Gambar 2. Perancang dapat menyusun sistem pembangkit dari berbagai jenis sumber daya, baik sumber daya konvensional maupun yang terbarukan. Proses simulasi pada HOMER dilakukan untuk mengetahui karakteristik atau performansi dari suatu sistem pembangkit. Proses optimisasi dilakukan untuk memilah konfigurasi suatu pembangkit yang layak dan memiliki nilai ekonomis. Fitur analisa sensitivitas memungkinkan dilakukannya suatu studi terhadap gejala yang muncul pada suatu variabel optimisasi.

Gambar 2. Tampilan utama HOMER

G. Teori Ekonomi

Analisa terhadap suatu investasi harus mempertimbangkan biaya yang muncul di awal investasi dan juga selama masa proyek. Perbandingan suatu investasi membutuhkan dasar perbandingan agar komparasi sesuai. Dua cara yang umum digunakan sebagai referensi yakni; mengubah semua nilai ke waktu 0 (nilai sekarang), dan mengubah semua nilai ke dalam bentuk nilai tahunan.

1. *Present Value*

Menghitung nilai uang sepanjang horison perencanaan pada persamaan waktu saat ini disebut sebagai *present value*. Untuk menghitung *present value* dari suatu nilai pada suatu waktu dengan tingkat bunga tertentu dapat menggunakan formula dalam tabel berikut:

Tabel 1. Formulasi konversi ke nilai sekarang

Konversi	Simbol	Formula
<i>Future to Present</i>	(P/F, $i\%, n$)	$\frac{1}{(1+i)^n}$
<i>Annual to Present</i>	(P/A, $i\%, n$)	$\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$

2. *Future Value*

Menghitung nilai uang sepanjang horison perencanaan pada persamaan waktu yang akan datang (tahun ke-n) disebut sebagai *future value*.

Tabel 2. Formulasi konversi ke nilai yang akan datang

Konversi	Simbol	Formula
<i>Present to Future</i>	(F/P, $i\%, n$)	$(1+i)^n$
<i>Annual to Future</i>	(F/A, $i\%, n$)	$\frac{(1+i)^n - 1}{i}$

3. *Annual Worth*

Annual worth adalah penjumlahan dari biaya dan pemasukan yang muncul dalam periode satu tahun.

Tabel 3. Formulasi konversi ke nilai tahunan

Konversi	Simbol	Formula
<i>Present to Annual</i>	(A/P, $i\%, n$)	$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$
<i>Future to Annual</i>	(A/F, $i\%, n$)	$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$

4. *Net Present Cost*

Net present cost adalah biaya keseluruhan yang akan muncul selama masa proyek (*life cycle cost*) yang nilainya telah dikonversikan ke nilai sekarang. *NPC* dapat dihitung menggunakan formula berikut:

$$NPC = PV(\text{pengeluaran}) - PV(\text{pemasukan}) \tag{5}$$

5. *Cost of Energy*

Dalam rangka membandingkan tingkat pembiayaan suatu sistem pembangkit, informasi tentang biaya energi sangat membantu dalam perbandingan. Besarnya biaya energi dapat dihitung menggunakan formula berikut:

$$COE = \frac{C_{ann,tot} + E_{prim} + E_{def} - E_{grid,sales}}{E_{total}} \tag{6}$$

Keterangan:

- COE = Biaya energi
- $C_{ann,tot}$ = Total biaya tahunan
- E_{prim} = Total beban utama per tahun (kWh)
- E_{def} = Total beban *deferrable* per tahun (kWh)
- $E_{grid,sales}$ = Jumlah energi (kWh) yang terjual ke PLN.

Metode penelitian

Gambar 3. Diagram alir penelitian

Suatu prosedur dalam penelitian dibutuhkan agar pekerjaan dapat dilaksanakan secara berurutan dan berkelanjutan tanpa harus mengganggu jenis pekerjaan lainnya. Persiapan tersebut meliputi segala sesuatu yang berhubungan dengan proses perancangan, yakni; mempelajari dan memahami cara merancang suatu PLTS beserta komponen penyusunnya, pengumpulan data, perancangan PLTS, simulasi dan optimisasi PLTS, kemudian analisis.

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian berupa data-data: profil beban, angka koefisien insulasi matahari, spesifikasi komponen, dan harga komponen.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu:

1. Perangkat keras, berupa: notebook dan modem
2. Perangkat lunak, berupa: HOMER, OS Windows 7, dan Google Earth.

Tempat penelitian mengambil sampel di Jln. Menco Raya No. 7A Nilasari Baru, Gonilan, Kartasura.

Diagram alir penelitian bisa dilihat di Gambar 3, yang meliputi studi literatur, pengumpulan data yang diperlukan, perancangan SHS, simulasi dan optimisasi dengan HOMER, evaluasi dan pemilihan konfigurasi terbaik berdasarkan aspek teknis kelistrikan dan ekonomi.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Setelah data-data yang diperlukan didapatkan, antara lain yaitu data profil pembebanan harian saat hari biasa dan akhir pekan, data insulasi matahari sesuai tempat penelitian, data panel surya dengan kontrolernya termasuk aki/bataere maka bisa dilakukan perhitungan nilai optimal data kelistrikan teknis dan SHS. Setelah itu untuk data insulasi digunakan data dari database NASA sesuai koordinat bumi lokasi obyek yang digunakan. Lokasi berada di Jln. Menco Raya No. 7A Nilasari Baru, Gonilan, Kartasura dengan koordinat $7^{\circ}33'LS$ dan $110^{\circ}46'BT$.

Tabel 4. Data insolasi matahari

Bulan	Insolasi (kWh/m ² /hari)
Januari	4,28
Februari	4,47
Maret	4,59
April	4,72
Mei	4,73
Juni	4,55
Juli	4,80
Agustus	5,25
September	5,54
Oktober	5,39
November	4,71
Desember	4,57
Rata-rata	4,80

Perhitungan menggunakan profil beban terbesar, yakni beban pada akhir pekan sebesar 1583,5 Wh perharinya dan tingkat insolasi terendah dalam setahun, aggarapnebsuyy amampumagghasilkandy apdapppaan radiasi yang minimal, yakni pada bulan Januari sebesar 4,28 kWh/m²/hari menghasilkan konfigurasi sebagai berikut:

Gambar 4 dan 5 menunjukkan grafik operasional *Solar Home System* dari hasil simulasi yang dilakukan oleh HOMER berdasarkan tingkat insolasi tertentu, pada periode waktu tertentu. Kedua grafik operasional SHS tersebut, yakni pada bulan Januari ketika tingkat insolasi matahari terendah dan bulan September ketika tingkat insolasi matahari berada pada level tertinggi. Kedua grafik menunjukkan produksi energi listrik yang mencukupi dan tidak terjadi *outage* pada kondisi insolasi yang rendah, yakni bulan Januari. Grafik *state of charge* baterai juga menunjukkan bahwa *operating reserve* dapat diaplikasikan pada saat terjadi pemakaian beban yang lebih besar dari yang telah direncanakan.

Gambar 4. Grafik operasional SHS pada tingkat insolasi terendah

Gambar 5. Grafik operasional SHS pada tingkat insolasi tertinggi

Tabel 5. Perbandingan antar konfigurasi

	versi manual	versi HOMER
Jumlah panel (unit)	5	7
Jumlah baterai (unit)	9	20
Produksi energi (kWh/yr)	788,4	1.112
NPC (\$)	4.443	7.263
Cost of energy (\$/kWh)	0,559	0,939

Kesimpulan

Berdasarkan perancangan *Solar Home System* yang telah dibuat baik melalui perhitungan manual maupun dengan alat bantu perangkat lunak bernama HOMER, didapatkan dua buah konfigurasi dengan kuantitas yang berbeda pada masing-masing komponen yang menyebabkan biaya proyek berbeda. Tapi konfigurasi memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing, misal pada konfigurasi hasil perancangan manual yang memiliki biaya proyek lebih rendah, namun lebih rentan dalam menghadapi variasi beban maupun paparan radiasi matahari yang dapat menyebabkan *outage*. Berbeda dengan hasil optimalisasi HOMER yang menggunakan algoritmanya tersendiri, sehingga mampu menyediakan *operating reserve* atau energi cadangan untuk mengatasi variasi beban maupun paparan radiasi matahari yang menjadikan konfigurasinya lebih handal dengan konsekuensi biaya proyek yang lebih mahal.

Daftar pustaka

- Al Fitrah, D. M., (2011), *Perancangan Dan Perakitan PLTS 50 Wp*, Universitas Negeri Malang.
- Ardalan, A., (2000), *Economic & Financial Analysis for Engineering & Project Management*, Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster.
- Astrawan, Y., (2007), *Perancangan Dan Pembuatan Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja.
- Farret, F. A., dan Simões, M. G., (2006), *Integration of Alternative Source of Energy*, John Wiley & Sons, New York.

- Mah, O., (1998), *Fundamentals of Photovoltaic Material*, National Solar Power Research Institute, Inc., California.
- National Renewable Energy Laboratory, (2005), *Getting Started Guide for HOMER Version 2.1*, Colorado.
- Possamai, E.,(2004), *Analysis of Regional Energy Supply Systems*, Carl von Ossietzky University, Oldenburg.
- SANDIA National Laboratories, (1995), *Stand Alone Photovoltaic Systems: A Handbook of Recommended Design Practices*, Diunduh dari: <http://www.4shared.com/office/nrw00aYe/standalone-photovoltaic-system.html>
- Skvarenina, T. L., (2002), *The Power Electronic Handbook: Industrial electronics series*, CRC Press, New York.
- Suhono, (2009), *Inventarisasi Permasalahan Pada Instalasi Solar House System Di Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- The German Energy Society, (2008), *Planning & Installing Photovoltaic Systems: A guide for installer, architects and engineers*, 2nd ed., Earthscan, London.