



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin Dan Matahari) Menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewables (HOMER)

Anjas Starlen Arota^{1)*}, Hesky S. Kolibu¹⁾, Benny M. Lumi¹⁾

¹⁾Jurusan Fisika, FMIPA, Unsrat, Manado

KATA KUNCI

Perancangan, Pembangkit Listrik Hibrida, *Software* HOMER

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sistem pembangkit listrik hibrida (energi angin dan matahari) menggunakan *software* HOMER. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pembangkit listrik hibrida (Energi angin dan matahari) menggunakan *software* HOMER. Pada penelitian ini diperoleh potensi radiasi matahari sebesar 8,073 kWh/m² setiap hari dan potensi energi angin sebesar 2,3 m/s. Nilai NPC tertinggi sebesar \$171.447 dan terendah sebesar \$61,.811. Nilai COE tertinggi sebesar 1,.663 \$/kWh dan terendah sebesar 0,599 \$/kWh.

KEYWORDS

Design, Hybrid Power Plant, *Software* HOMER

ABSTRACT

A research on hybrid power system (wind and solar energy) had been done. This study was aimed to design hybrid power system (wind and solar energy) by using HOMER software. The research resulted in potential solar radiation of 8.073 kWh/m² per day and wind energy potential of 2.3 m/s. The highest NPC value was \$ 171,447 and the lowest one was \$ 61,811. The highest COE value was \$ 1.663/kWh and the lowest one was 0.599 \$/kWh.

AVAILABLE ONLINE

08 November 2013

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi semakin besar seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktifitas masyarakat. Pertumbuhan ini harus diimbangi dengan penambahan sumber-sumber energi baru. Sebagian besar energi yang kita gunakan sekarang berasal dari fosil, tidak bisa diperbaharui dan akan habis jika kita gunakan secara terus menerus. Sehingga manusia dituntut untuk mencari sumber-sumber energi lain yang sedapat mungkin sumber energi tersebut dapat diperbaharui atau terbarukan (Leksono, 2010).

Sumber energi terbarukan diharapkan memiliki peran aktif dalam skenario diversifikasi energi di masa yang akandatang. Karena sumber energi ini bersifat ramah terhadap lingkungan dan memiliki cadangan yang tidak pernah habis. Sebagai contoh energi matahari, yang merupakan akar dari semua bahan bakar fosil dan sumber

energi terbarukan lainnya, dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dan ketersediaannya juga sangat memadai. Selain itu, energi angin merupakan sumber energi alternatif yang sangat potensial untuk dikembangkan. Meskipun demikian, pengembangan kedua sumber energi alternatif ini sangat dipengaruhi oleh keadaan geografis. Sumber energi terbarukan memiliki potensi menghasilkan daya listrik untuk masyarakat. Proses pengembangan teknologi untuk memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan dalam skala kecil yang murah dan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat masih terus dikembangkan (Fresis dan Infield, 2008). Selain itu, pengembangan energi terbarukan dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik yang berasal dari pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil, seperti minyak diesel dan minyak bakar. Untuk mengatasi permasalahan diatas, teknik hibrida banyak digunakan untuk menggabungkan beberapa jenis pembangkit listrik, seperti pembangkit energi

*Corresponding author: Jurusan Kimia FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: mercyngajouw@gmail.com

matahari, angin, dan diesel, pembangkit energi angin dan diesel, pembangkit matahari dan angin.

Penelitian ini penulis memodelkan Pembangkit Listrik Hibrida dari energi matahari dan angin, serta didukung oleh diesel generator sebagai tenaga sekunder dan baterai sebagai media penyimpanan energi. Sumber energi tersebut disimulasikan dalam suatu sistem untuk menentukan sistem yang paling optimal dalam menyediakan energi listrik. Komponen pembangkit listrik hibrida dimodelkan dan disimulasikan dengan model HOMER. HOMER dapat mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik pada kondisi *stand-alone* maupun *grid-connected*.

2. Metode

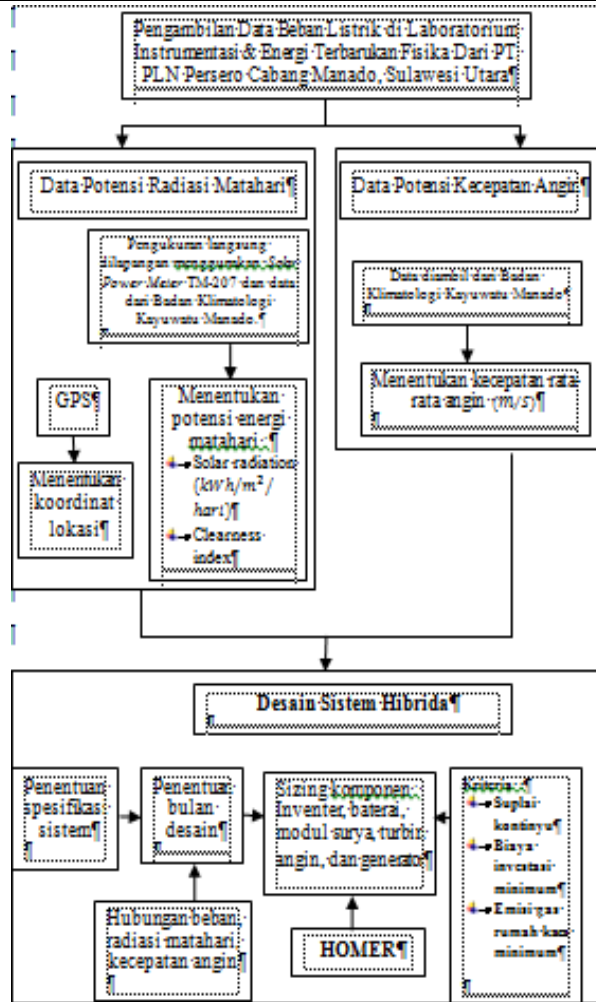
Penelitian di Laboratorium Instrumentasi dan Energi Terbarukan Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi.

2.1 Alat Penelitian

- 1) Solar Power Meter TM-207
- 2) GPS (*Global Possition System*)
- 3) Software HOMER
- 4) Laptop/Komputer

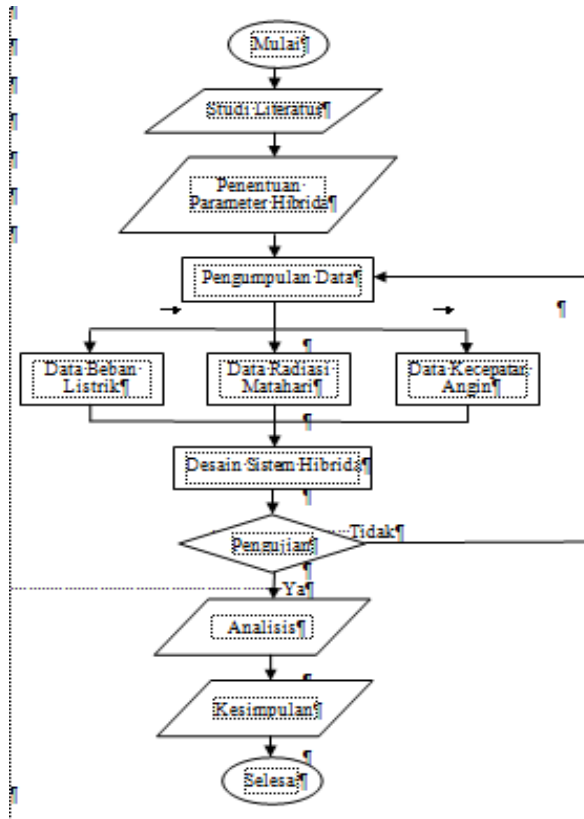
2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini mencakup studi pustaka, penentuan parameter hibrida, pengambilan data, perancangan model, pengujian, analisis data dan kesimpulan. Gambar 1 menunjukkan diagram metode penelitian yang digunakan.

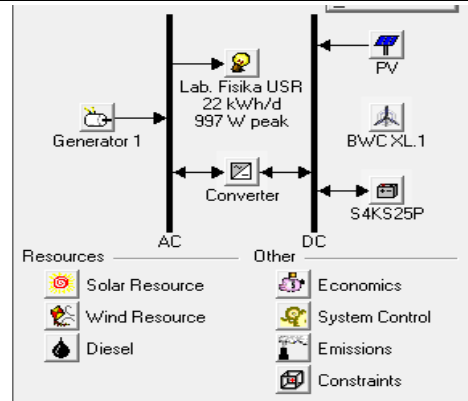


Gambar 1. Diagram metode penelitian

2.3 Diagram Alir Penelitian

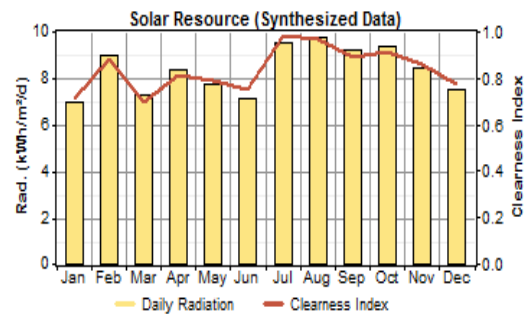


Gambar 2. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Skema sistem energi

Data radiasi matahari pada koordinat $1^{\circ} 59$ menit lintang utara dan $124^{\circ} 59$ menit bujur timur pada zona waktu GMT +07:00 seperti diperlihatkan Gambar 4. Kapasitas daya 85 kW/panel, biaya pengadaan, pergantian dan biaya O&M dari panel surya dapat dilihat pada Tabel 3.1. perencanaan waktu pemakaian panel surya 20 tahun, instalasi panel PV tidak menggunakan sistem tracking.



Gambar 4. Radiasi Matahari & Clearness Index

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan Sistem PLH

Penelitian ini sistem tenaga hibrida dimodelkan berdasarkan ketersediaan dan potensi energi terbarukan yang tersedia. Sistem energi hibrida dimodelkan terdiri dari turbin angin, panel PV didukung oleh Diesel generator sebagai tenaga sekuder dan baterai sebagai media penyimpanan. data dari berbagai parameter seperti potensi sumber daya matahari dan angin, profil beban kebutuhan daya listrik dan keterangan komponen dari berbagai parameter, yaitu ukuran, jumlah dan biaya turbin angin, panel PV, generator diesel, baterai, konverter telah diambil dari berbagai sumber untuk dimasukkan dalam skema perencanaan sistem hibrida.

Pada penelitian ini harga bahan bakar generator digunakan harga jual solar industri Sumatera berdasarkan harga jual Pertamina periode April 2012 ditambah pajak dan biaya transportasi. Maka biaya bahan bakar yang dimasukkan dalam simulasi sebesar \$1.15/liter. Biaya pengadaan, pergantian dan O&M generator diesel dapat dilihat pada Tabel 1.

Penyediaan energi listrik yang sesuai dengan kebutuhan pemakaian, pembangkit listrik tenaga matahari dan angin tidak dapat melayani beban secara langsung sesuai kebutuhan, oleh karenanya untuk menyempurnakan hal tersebut dibutuhkan media penyimpanan arus listrik berupa baterai untuk menyalurkan listrik yang sesuai kebutuhan. Baterai yang dipilih dengan tegangan 4 V dengan kapasitas 1,900Ah (7,6 kWh), biaya pengadaan, pergantian dan biaya O&M yang dimasukkan dalam simulasi. Konverter yang digunakan dapat berfungsi sebagai inverter dan rectifier sesuai arus listrik, dalam simulasi ini dimasukkan konverter antara 0 – 25 kW. HOMER mensimulasikan data dengan mengkonfigurasi semua input dari kombinasi tiap komponen, dengan melakukan ratusan atau bahkan ribuan kombinasi untuk mencocokkan kalkulasi

terbaik sesuai permintaan. Simulasi yang dilakukan HOMER dengan memastikan pembangkit listrik memberikan daya yang cukup sesuai permintaan hal ini dilakukan untuk menentukan kelayakan dari sistem. Sistem ini juga disimulasikan dalam rangka mengevaluasi karakteristik operasional, produksi energi listrik tahunan, Beban listrik tahunan yang harus dipenuhi, kelebihan listrik, fraksi energi terbarukan, kekurangan kapasitas dan beban listrik yang belum terpenuhi.

Tabel 1. Biaya dari masing-masing komponen

Jenis Komponen	Biaya Pengadaan (\$)	Biaya Pergantian (\$)	Biaya O & M (\$/tahun)
Panel PV	20079	16058	0
Turbin angin	0	0	0
Generator	4150	3320	0
Konverter	5995	4796	0
Baterai	1163	931	0

3.2 Hasil Simulasi

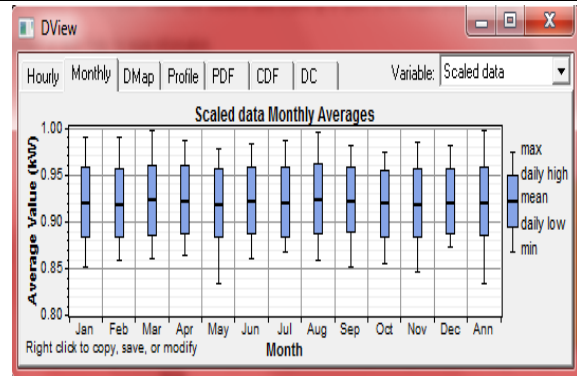
3.2.1 Beban Listrik

HOMER dapat mengakomodasi perubahan profil beban listrik untuk setiap bulannya. Namun demikian, profil beban listrik untuk daerah tropis dapat dianggap sama untuk setiap bulannya. Hal ini disebabkan tidak adanya perbedaan iklim yang sangat berbeda dalam periode satu tahun. Hasil simulasi penggunaan beban listrik dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2. Sistem beban listrik

	Baseline	Scaled
Average (kWh/hari)	22.1	22.1
Average (kW)	0.922	0.921
Peak (kW)	0.998	0.997
Load factor	0.923	0.923

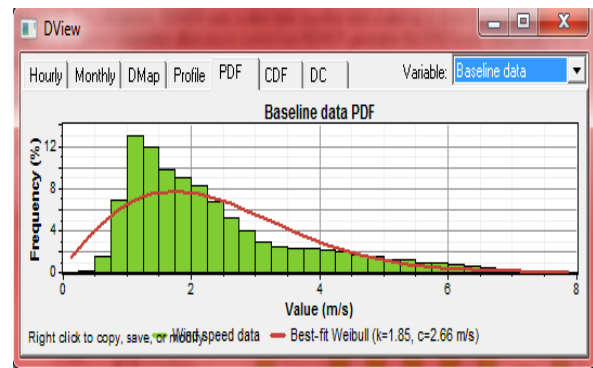
Berdasarkan hasil simulasi seperti pada Gambar 5 yang dirangkum dalam Tabel 2, rata-rata energi listrik yang digunakan adalah 22,1 kWh setiap hari. Rata-rata beban listrik adalah 0.922 kW dan beban puncak yang mungkin terjadi adalah 0.998 kW dalam satu tahun. Dengan demikian, faktor beban, yang merupakan perbandingan antara rata-rata beban listrik dan puncak adalah 0.923.



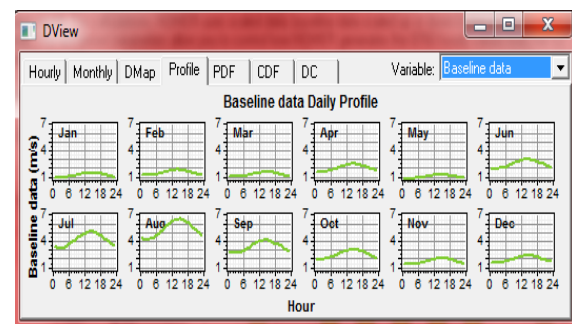
Gambar 5. Profil beban listrik bulanan dalam satu tahun

3.2.2 Kecepatan Angin

Hasil simulasi potensi kecepatan angin berdasarkan software HOMER dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Fungsi distribusi kecepatan angin



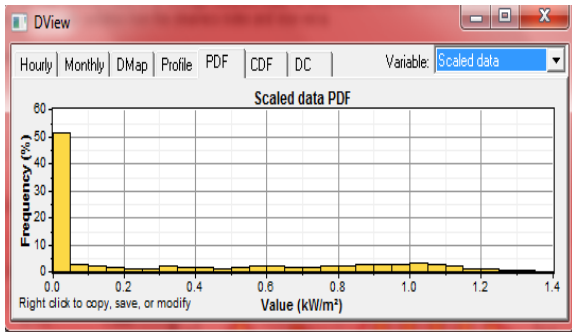
Gambar 7. Profil kecepatan angin per jam

Pada Gambar 6 terlihat bahwa kecepatan angin yang sering terjadi berkisar antara 1-2 m/s dan kecepatan angin pada kisaran 1-1.5 m/s memiliki frekuensi terbesar, sedangkan kecepatan angin sebesar 3 m/s yang merupakan syarat minimum turbin angin untuk dapat mulai berputar masih sangat mungkin terjadi. Hal ini juga terlihat dalam Gambar 7 bahwa kecepatan angin yang dapat memenuhi syarat kecepatannya di atas 3 m/s hanya pada bulan Juli, Agustus dan September. Kecepatan angin semakin tinggi dimulai dari dini

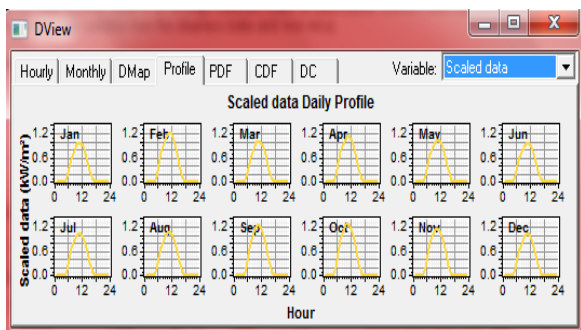
hari dan terus meningkat sampai sore hari dan akan menurun lagi pada waktu menuju tengah malam.

3.2.3 Radiasi Matahari

HOMER melakukan simulasi radiasi matahari dengan cara yang berbeda dengan simulasi kecepatan angin. Di dalam simulasi radiasi matahari, HOMER memerlukan informasi tentang garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*) dari suatu daerah. Berdasarkan informasi ini, HOMER menghasilkan pola radiasi matahari seperti pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Fungsi distribusi radiasi matahari



Gambar 9. Profil radiasi matahari per jam

Pada Gambar 8 memperlihatkan radiasi matahari sebesar 0,05 kwh/m², memiliki frekuensi yang sangat besar jika dibandingkan dengan nilai-nilai radiasi matahari lainnya. Hal ini dijelaskan pada Gambar 9 yang memberikan gambaran bahwa radiasi matahari hanya ada pada siang hari tidak ada pada malam hari. Besar radiasi matahari mulai ada pukul 06.00 dan akan terus meningkat sampai pukul 12.00 dan selanjutnya akan turun lagi sampai pukul 18.00.

Hasil simulasi sistem yang paling optimal dapat dilihat pada Gambar 10. Konfigurasi teroptimal ini juga dapat dilihat pada berbagai situasi yang berbeda seperti harga solar dan intensitas matahari yang berbeda, konfigurasi teroptimal pada saat harga solar \$1/liter berbeda dengan konfigurasi saat harga solar \$1,5/liter.

Double click on a system below for simulation results.

	PV (kW)	XL1 Label (kW)	SAKS2SP Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)
	7.80		10	\$37,704	1,886	\$61,811	0.599	1.00		
	7.80	3.5	10	\$41,079	1,838	\$64,573	0.626	1.00		0
	7.80	3.5	7	\$29,449	8,287	\$135,384	1.313	0.35	2,879	5,016
		3.5	10	\$21,000	9,538	\$144,202	1.398	0.00	3,616	2,870
				\$3,375	13,148	\$171,447	1.663	0.00	5,028	8,760

Gambar 10. Kapasitas sistem optimal

Konfigurasi sistem pembangkit yang paling optimal adalah NPC-nya paling kecil, bukan COE (*Cost of Energy*). NPC (*Net Present Cost*) merupakan nilai saat ini dari semua biaya yang muncul selama masa pakai dikurangi semua pendapatan yang diperoleh selama masa pakai. Sedangkan COE (*Cost of Energy*) merupakan rata-rata per kWh dari energi listrik yang dihasilkan oleh sistem.

Tabel 3 menunjukkan bahwa sistem hibrida solar-wind akan dapat optimal melayani beban listrik dengan menggunakan photovoltaic (PV) array sebesar 7.80 kW. Selain itu, untuk meningkatkan kontinuitas pelayanan listrik sistem juga memerlukan 20 buah baterai sebagai penyimpan energi dengan spesifikasi 1,900 Ah(7.6 kWh) dengan tegangan 4 Volt. Energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin dan panel surya disimpan dalam baterai dan selanjutnya digunakan untuk melayani beban listrik arus bolak-balik (AC). Untuk menjalankan fungsi ini sistem hibrida memerlukan konverter sebesar 7 kW.

Tabel 3 Kapasitas sistem optimal

Komponen sistem	Kapasitas
Photovoltaic (PV)	7.80 kW
Baterai	10 baterai 1,900 Ah(7.6 kWh) 4 Volt
Konverter	7 kW

4 Kesimpulan

Telah dibuat rancangan sistem pembangkit listrik hibrida (Energi angin dan matahari) menggunakan Software HOMER. Simulasi berdasarkan software HOMER menunjukkan potensi radiasi matahari yaitu sebesar 8,073 kwh/m² setiap hari dan potensi energi angin sebesar 2,3 m/s. Nilai NPC tertinggi sebesar \$171,447 dan terendah sebesar \$61,811. Nilai COE tertinggi sebesar 1.663 \$/kWh dan terendah sebesar 0.599 \$/kWh.

Daftar Pustaka

- Aplikasi Software HOMER. Website :<http://www.nrel.gov/homer/>[Juli 2013]
- Daryanto, Y. 2007. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. BalaiPPTAGG-UPT-LAGG.Yogyakarta.
- Fresis, Leon and Infield, David.2008. *Renewable Energi in Power System*. West Sussex: Jhon Wiley and Son, Ltd. Publication
- Fung C. C., W. Rattanongphisat dan C. Nayar. 2002. *A Simulation Study on the Economic Aspects of Hybrid Energy System for Remote Island in Thailand, Proceedings of 2002 IEEE Region 10 Conference on Computer, Communication, Control and Power Engineering* 3(3):1966-1969
- Herlina.2009. Analisa Dampak Lingkungan dan Biaya Pembangkitan Listrik Tenaga Hibrida Di Pulau Sebesi Lampung Selatan.Universitas Indonesia.
- KESDM. 2012. Media Komunikasi : Potensi Energi Indonesia. Edisi 02 Desember 2012.
- Leksono, E. 2010. Majalah Energi :Industri Sel Surya Menanti Keberanian Pemerintah. Edisi Desember 2010.
- Nurhalim. 2007. Studi Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Pembangkit Hibrida. Jurnal Sains dan Teknologi 6(2): 34-38
- Pudjanarsa, Astu dan Djati Nursuhud. 2006. Mesin Konversi Energi. Andi, Yogyakarta.
- Sheriff, F. dan Ross, M., 2003, *Validation of PV Toolbox Against Monitored Data and Other Simulation Tools*. Hybridinfo 6:2, Varennes: Canada.
- Sopian, K. dan Othman, M. Y., 2005, Performance of a Photovoltaic Diesel Hybrid System in Malaysia, *Iseco Science and Technology Vision* 96:37-39,<http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/01/hybrids/NREL%20Hybrids%20Wkshp.pdf>
- T, Lambert., P. Gilman, dan P. Lilienthal. 2006. *Micropower System Modeling with HOMER, in Integration of Alternative Sources of Energy, F. A. Farret and M. G. Simoes, EDS : John Wiley & Sons*