

OPTIMASI KUALITAS DAYA HIBRID TURBIN ANGIN DAN PHOTOVOLTAIC

Zainal Abidin¹

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan
Jl. Veteran No.53 A Lamongan
Telp +62 812-3353-2045
zainalabidin@unisla.ac.id

ABSTRACT

In order to decrease fuel emissions as a staple of electricity generation, renewable energy is one of the choices in the context of green technology. Wind and solar energy are several choices of renewable energy sources that can be used as environmentally friendly power plants without carbon emissions and are cheap. The application of wind turbine and solar photovoltaic hybrids is mostly carried out in several countries, especially in the fulfillment of isolated land. The HOMER application is one application that can be used to simulate wind turbine and photovoltaic hybrids.

Keywords : Wind Turbines, Photovoltaics, Hybrid, HOMER

1. PENDAHULUAN

Turbin angin adalah suatu alat yang sumber energinya berasal dari angin yang kemudian dikonversikan menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator listrik. Keuntungan yang didapat adalah tidak mengeluarkan gas-gas sisa pembakaran seperti karbon monoksida (CO) yang berbahaya jika jumlahnya berlebih, sehingga lebih ramah lingkungan. Potensi energi angin di Indonesia cukup besar mengingat keadaan geografis yang terdiri dari pegunungan dan pantai yang memiliki tekanan udara yang bervariasi menyebabkan terjadinya angin. Selain itu, elektrifikasi di beberapa wilayah terutama di wilayah kepulauan masih belum mendapatkan suply listrik dari PLN. Hal ini sangat besar potensinya untuk mengembangkan teknologi turbin angin untuk mencukupi kekurangan elektrifikasi di daerah dan melakukan optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan.

Potensi angin yang besar di wilayah Indonesia masih terbatas penggunaannya untuk menggerakkan turbin angin dengan ukuran dan kapasitas kecil sampai menengah, mengingat kecepatan angin rata-rata di Indonesia sekitar 2 m/s hingga 4 m/s, kecuali daerah pantai selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara memiliki kecepatan angin rata-rata yang lebih tinggi yaitu sekitar 4 m/s hingga 5 m/s (Nanang, 2010)

Sementara potensi pemanfaatan tenaga surya di Indonesia sebagai sumber energi sangatlah besar yakni sebesar 4,8 Kwh/m² atau setara dengan 112.999 giga watt peak (GWP) (ESDM, 2016).

Sementara dari hasil penelitian (Farret and Simoes, 2006) bahwa proyeksi tingkat kebutuhan pelanggan per/ Kwh dapat ditunjukkan pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Proyeksi Kebutuhan Pelanggan Listrik / KWh

Dari tabel 1 di atas dapat dijelaskan bahwa tingkat kebutuhan akan tenaga listrik dari tahun ke

tahun mengalami peningkatan seiring dengan jumlah tingkat konsumsi listrik penduduknya.

Dari latar belakang di atas, peneliti mencoba melakukan kajian tentang optimisasi hibrid turbin angin dan photovoltaic (energi surya) serta pengaturan daya pada sistem tersebut. Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah
a). Bagaimana model optimisasi hibrid turbin angin dan photovoltaic dalam sistem tenaga listrik?
b). Bagaimana tingkat kualitas daya listrik hibrid turbin angin dan photovoltaic dalam sistem berbeban?

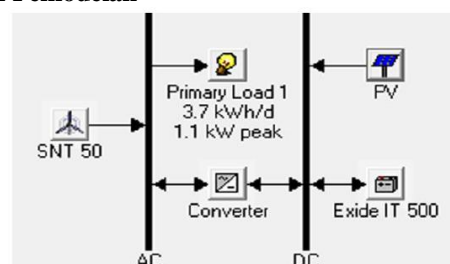
2. METODE

Beberapa peneliti menggunakan Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER) untuk optimasi sistem hibrid untuk beberapa lokasi (Noviana, 2017). Software HOMER banyak digunakan secara luas untuk optimisasi dan analisis sensitivitas sistem hibrid (Villagomez, 2010). Analisis dari beberapa input sistem seperti radiasi matahari, kecepatan angin, data temperature, profile beban , kontrol sistem dan faktor ekonomi (Villagomez, 2010).

Deskripsi Alat dan Bahan

- 1) PV (photovoltaic) dengan daya 1 kW
- 2) Turbin Angin ukuran 5 kW
- 3) Konverter 4 kW
- 4) Bateray 150 Ah

Bagan Pemodelan



Gambar 1. Pemodelan sistem 6 kW hibrid Turbin Angin-PV

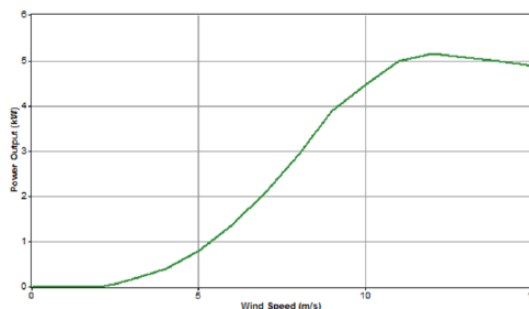
Spesifikasi Alat

a) Spesifikasi PV

Adapun deskripsi spesifikasi PV pada tabel 2 berikut :

Tabel 2 : Spesifikasi PV

Description	Specification
PV module material	Polycrystalline
Peak power (Pm)	100 Wp
Voltage at peak power (Vm)	17 V
Current at peak power (Im)	5.9 A
Open circuit voltage (Voc)	21 V



Gambar 2. Kurva Daya SNT-50 model aplikasi Homer

Sistem optimisasi hibrid dengan berbagai jenis ukuran PV, turbin angin dan battery dapat dilihat pada tabel 4 :

b) Spesifikasi Turbin Angin

Turbin angin axis horizontal SNT-50 model Supernova Technologies . Data teknis turbin angin dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Data spesifikasi Turbin angin

Description	Specifications
Rotor diameter	6.09 m
Rated power	5 kWp
Cut-in wind speed	2.5 m/s
Equivalent rated wind speed	11 m/s
Blade material	Fibre-reinforced plastic (FRP)
Generator type	Permanent magnet 3 phase alternator
Tower	Tripod structure

Tabel 4. Variasi dan Kombinasi Ukuran dalam Optimisasi

System	Combinations
Wind turbine	0, 1, 2, 3, 4, 5 (quantity in numbers)
PV array	0.5, 1, 2, 3, 4, 5 (size in kWp)
Battery bank	0, 1, 2, 3, 4, 5 (number of strings)
Converter	0.5, 1, 2, 3, 4, 5 (size in kWp)

Daya pembangkitan PV disimulasikan HOMER menggunakan persamaan 1. Model persamaan juga memasukkan unsur efek temperatur pada produksi daya PV (persamaan 2):

$$P_{pv} = P_{pv} D_{pv} \left(\frac{\bar{G}_T}{\bar{G}_{Tstc}} \right) \{ 1 + \alpha_p (T_c - T_{stc}) \} \quad (1)$$

dimana

$$T_c = \frac{T_a + (T_{cn} - T_{an}) \left(\frac{G_T}{G_{Tn}} \right) \left\{ 1 - \frac{\eta_{mp} (1 - \alpha_p T_{stc})}{\tau \alpha} \right\}}{1 + (T_{cn} - T_{an}) \left(\frac{G_T}{G_{Tn}} \right) \left\{ \frac{\eta_{mp} \alpha_p}{\tau \alpha} \right\}} \quad (2)$$

Daya dari turbin angin dihasilkan :

$$P_w = \frac{1}{2} c_p \rho A v^3 \quad (3)$$

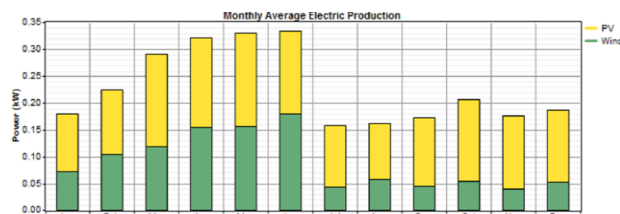
Persamaan 3 digunakan untuk menentukan kurva daya turbin angin. Turbin angin disimulasikan dengan kurva daya . Daya dari Turbin angin model SNT- 50 ditunjukkan pada gambar 2 berikut :

3. PEMBAHASAN

Hasil kombinasi dan optimasi hibrid turbin angin dan PV dapat didiskusikan sebagai berikut :

1) kWp hibrid PV-Turbin Angin

Dari hasil simulasi *Homer* produksi listrik selama setahun dengan daya 6kWp sistem hibrid sebesar 1996 kWh/th dengan prosentase 61% PV array (1214 kWh/yr) dan 39% energi dari turbin angin (782 kWh/yr) . Produksi rata-rata listrik dengan PV-Turbin angin dapat ditunjukkan pada gambar 3 . Nilai *net present cost* (NPC) dan nilai *cost of energy* (COE) dari sistem adalah 306 kWh/yr (22.3%), \$30,734 dan \$1.156 1/kWh.



Gambar 3. Produksi listrik rata-rata perbulan dari sistem hibrid Turbin Angin-PV

2) Kombinasi Optimum Turbin angin-PV

Hasil optimasi sistem hibrid tergantung dari kebutuhan beban, termasuk sumber daya dan ekonomi pada kapasitas minimal 0 %, 5 %, 10 % dan 20 % yang ditunjukkan pada gambar 4 (a, b, c

& d). Hasilnya kemudian dikalkulasi dengan simulasi lanjutan.

PV (kW)	SNT	Exide IT...	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage
5.0		30	2.0	\$ 34,955	450	\$ 46,205	1.350	1.00	0.00
5.0	1	20	1.0	\$ 47,098	370	\$ 56,348	1.647	1.00	0.00

Gambar 4a. Hasil optimasi kapasitas 0 % sistem hibrid

PV (kW)	SNT	Exide IT...	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage
3.0		10	1.0	\$ 19,402	150	\$ 23,152	0.695	1.00	0.03
2.0	1	10	1.0	\$ 29,361	220	\$ 34,861	1.051	1.00	0.03
7.0			1.0	\$ 37,064	0	\$ 37,064	1.138	1.00	0.05
6.0	1		1.0	\$ 47,023	70	\$ 48,773	1.494	1.00	0.05

Gambar 4b. Hasil optimasi kapasitas 5 % sistem hibrid

PV (kW)	SNT	Exide IT...	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage
2.0		10	1.0	\$ 14,345	150	\$ 18,095	0.575	1.00	0.08
4.0			2.0	\$ 22,200	0	\$ 22,200	0.721	1.00	0.10
2.0	1	10	1.0	\$ 29,361	220	\$ 34,861	1.051	1.00	0.03
4.0	1		1.0	\$ 36,909	70	\$ 38,659	1.225	1.00	0.08

Gambar 4 c. Hasil optimasi kapasitas 10 % sistem

PV (kW)	SNT	Exide IT...	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage
3.0			1.0	\$ 16,836	0	\$ 16,836	0.578	1.00	0.15
2.0		10	1.0	\$ 14,345	150	\$ 18,095	0.575	1.00	0.08
2.0	1		1.0	\$ 26,795	70	\$ 28,545	1.022	1.00	0.18
2.0	1	10	1.0	\$ 29,361	220	\$ 34,861	1.051	1.00	0.03

Gambar 4 c. Hasil optimasi kapasitas 20 % sistem

4. KESIMPULAN

a. Dalam sistem hibrid ditemukan susunan surya PV 2 kWp, turbin angin 5 kWp dan sepuluh baterai 12V dengan total NPC \$ 34.861 dan COE masing-masing \$ 1.051 1 / kWh. Dibandingkan dengan sistem yang ada, biaya sistem hibrida surya angin optimal sedikit lebih tinggi tetapi kekurangan kapasitas turun menjadi 3,1% dari 22,3% karena itu penambahan sistem 1 kWp Solar PV dapat ditambahkan ke sistem yang ada.

b. Sistem photovoltaik surya 2 kWp dengan hanya menggunakan sumber daya matahari ditemukan lebih hemat biaya daripada sistem hibrida angin-surya 6 kWp dalam simulasi , tetapi pemanfaatan sumber daya angin sangat penting di lokasi pedesaan terpencil

PUSTAKA

- A. Zaman, M. A. Rahman, and S. Islam, “Design of a hybrid power system for rural area”, Journal Basic Science and Technology, Vol. 1, No. 2, pp. 1-4, 2012.
- B. Dursun, C. Gokcol, I. Umut, A. Ucar, and S. Kocabey, “Techno-Economic Evaluation of a Hybrid PV—Wind Power Generation System”, International Journal of Green Energy, Vol.10, pp. 117–136, 2013.
- F. A. Farret and M. G. Simoes, Integration of Alternative Sources of Energy, John Wiley & Sons Inc., 2006, ch. 15
- J. B. Fulzele, and S. Dutt, “Optimum planning of hybrid renewable energy system using HOMER”, International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 68-74, February 2012.
- Nanang K,2010. Desain Turbin Angin Kapasitas 1000 W Sebagai Penyedia Listrik Skala Rumah Tangga
- M. S. Alam, and D. W. Gao, “Modelling and analysis of a wind/PV/fuel cell hybrid power system in HOMER”, Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, pp. 1594-1599, 2007.
- N. Lopez, and J. F. Espiritu, “An approach to hybrid power systems integration considering different renewable energy technologies”, Procedia Computer Science, Vol. 6, pp. 463–468, 2011.
- V. Reddy, and A. Raturi, “Optimization and sensitivity analysis of a PV/wind/diesel hybrid system for a rural community in the Pacific”, Applied Solar Energy Vol. 46, No. 2, pp. 152-156, 2010.