

Analisis Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Kota Meulaboh

Maidi Saputra¹, Ahmad Syuhada², Hamdani³

¹⁾ Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar
Jl. Alue Peunyareng, Kec. Meureubo, Aceh Barat.
email : maidipoetra@yahoo.co.id

^{2,3)} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh, 23111

Abstract

Which more lower deficit of fossil energy for generated power plant, in order to need to do wind power generation plant analysis based on renewable energy which is wind turbine horizontal type. This study is analyzing a power system with electric power load Meulaboh town by using a hybrid power generation system which HOMER between wind turbines and diesel generators. Wind resources are used is measured by BMKG Meulaboh Station, which is 6 m/s and the value of the price of diesel fuel used by the generator is equal to 0.5 \$/L. The results of the simulation is given by the value of the Net Present Cost (NPC) and the lowest, in the amount of \$ 66,535,084 for the value of Renewable Factor (RF) was 58% and for the value of Renewable Factor (RF), the largest at 71%, the value of the Net Present Cost (NPC) amounted to \$ 68,091,256.

Keywords: Wind Turbine, Homer, Power Plants, Net Present Cost (NPC), Renewable Factor (RF).

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, tingkat kebutuhan energi juga semakin meningkat. Pemenuhan energi dewasa ini masih didominasi oleh pembakaran bahan bakar fosil sedangkan energi yang berasal dari energi terbarukan masih terabaikan.

Pembangkit listrik tenaga angin merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan yang banyak digunakan, karena sifat energi angin yang ramah lingkungan serta mudah dalam melakukan pengoperasian.

Indonesia saat ini sedang mengalami krisis energi listrik karena kebutuhan energi listrik yang semakin besar akibat adanya pertumbuhan industri, peningkatan jumlah pemakaian alat elektronik rumah tangga, perkembangan teknologi dan komunikasi, dan sebagainya.

Aceh barat merupakan salah satu kabupaten yang terletak di Aceh dengan ibukota bernama Meulaboh. Aceh barat mempunyai letak menurut garis lintang dan bujur yaitu 04°06'-04°47' Lintang Utara dan 95°52'-96°30' Bujur Timur, dengan luas daerah 2.927,95 Km² dan mempunyai 12 kecamatan serta 321 kampung.

Menurut data dalam buku Aceh Barat dalam angka tahun 2010 "Kabupaten Aceh barat mempunyai suhu udara rata-rata sebesar 26,5 °C, tekanan udara sebesar 1,010,1 atm, kelembaban udara sebesar 86 %, rata-rata penyinaran matahari perbulan sebesar 41,17 %, rata-rata curah hujan sebesar 255,1 mm serta arah dan kecepatan angin rata-rata sebesar 3 Knot arah Barat.

Jumlah penduduk di kabupaten Aceh barat sebesar 184.147 orang dengan jumlah penduduk terbesar pada kecamatan Johan Pahlawan, yaitu sebesar 65.182 orang. Dari segi pemakaian energi listrik, menurut data dari Buku Aceh Barat dalam angka tahun 2010 "pada unit PLN Rayon Meulaboh Kota PT. PLN, Jumlah KWH terjual selama setahun yaitu sebesar 48.334.187 KWh.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pengambilan data primer potensi angin, meliputi kecepatan angin dan observasi penggunaan energi listrik di kota Meulaboh dilakukan selama satu bulan, kemudian dilanjutkan pengambilan data sekunder yang berasal dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Meulaboh.

Tempat Penelitian yaitu didesa Suak Indrapuri / Ujong Karang Meulaboh, Aceh Barat.

2.2. Metode Penelitian

Metode Penelitian yang dilaksanakan meliputi beberapa tahapan dalam mencapai tujuan penelitian, yaitu :

1. Pengambilan data primer, yaitu meliputi:

- a. Pengukuran kecepatan angin dan pemetaan angin pada lokasi penelitian.
- b. Karakteristik lingkungan serta observasi pengguna energi listrik pada masyarakat di kota Meulaboh.

2. Pengumpulan data sekunder, yaitu meliputi:
 - a. Pengumpulan/pengambilan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) tentang kondisi suatu daerah.
 - b. Identifikasi profil suatu daerah yang berkaitan dengan geografis, iklim, maupun potensi angin lokal
3. Analisis potensi pemanfaatan energi angin sebagai sistem pembangkit listrik, yaitu meliputi :
 - a. Kapasitas terpasang yang disesuaikan dengan potensi angin untuk menghasilkan daya listrik.
 - b. Teknologi dan sistem yang sesuai dengan data potensi energi angin.
4. Rekomendasi Sistem Konversi Tenaga Angin (SKEA) yang sesuai untuk pembangkit listrik tenaga angin pada lokasi penelitian.

3. Kajian Pustaka

Angin adalah aliran udara yang terdiri dari banyak gas di atmosfer bumi. Rotasi bumi, pemanasan yang tidak merata pada atmosfer serta kondisi permukaan bumi yang tidak rata, merupakan faktor utama yang menyebabkan angin.

Angin dapat diklasifikasikan sebagai angin global dan angin lokal. Angin global disebabkan oleh pemanasan matahari dengan intensitas yang besar pada permukaan bumi dekat khatulistiwa. Hal ini menyebabkan peningkatan suhu udara pada daerah tropis yang kemudian mengalir melalui atmosfer atas ke arah kutub, udara dingin dari kutub mengalir kembali ke khatulistiwa [1][2][3].

Energi yang tersedia dalam angin pada dasarnya adalah energi kinetik dari besar massa udara yang bergerak diatas permukaan bumi.

Energi kinetik dari aliran udara dengan massa m dan bergerak dengan kecepatan V diberikan oleh :

$$E = \frac{1}{2} m V^2 \quad (1)$$

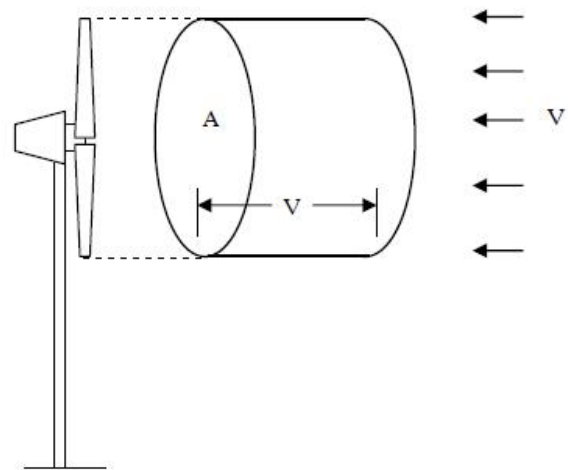
Luas penampang rotor A yang terkena arus angin, seperti diperlihatkan pada gambar 1, maka besar energi kinetik dari aliran udara dapat dinyatakan sebagai

$$E = \frac{1}{2} \rho_a V A^2 \quad (2)$$

Dimana ρ_a adalah kerapatan udara dan V adalah volume bidang udara yang berinteraksi dengan rotor.

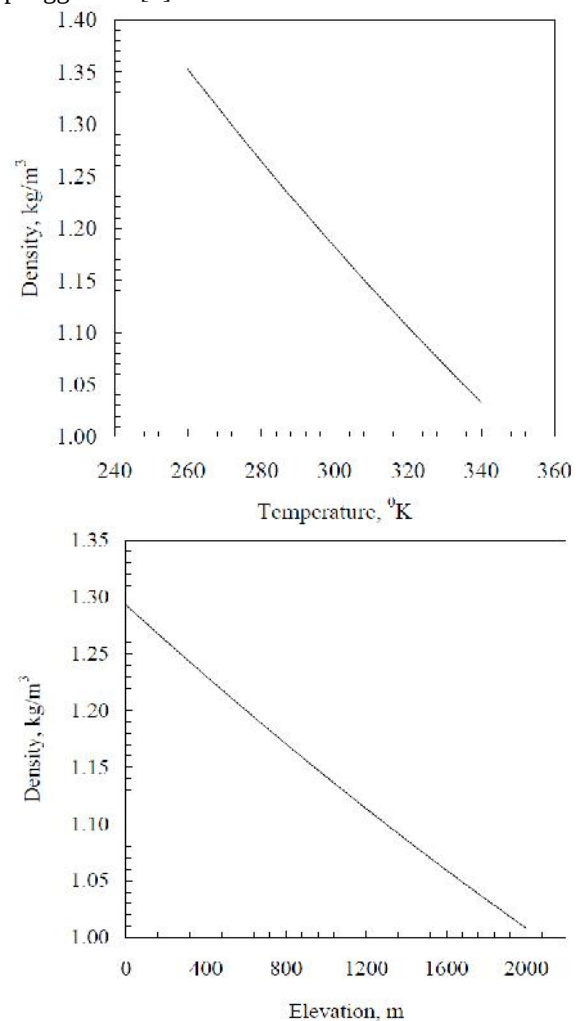
Bidang udara yang berinteraksi dengan rotor per-satuan waktu memiliki luas penampang sama dengan daya rotor (A_r) dan ketebalannya sama dengan kecepatan angin (V), maka energi per-satuan waktu, yaitu daya dan dapat dinyatakan sebagai:

$$P = \frac{1}{2} \rho_a A_r V^3 \quad (3)$$



Gambar 1: Suatu bidang udara yang bergerak ke arah turbin angin [4].

Kerapatan udara berkurang terhadap peningkatan elevasi permukaan dan temperatur, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2. Kerapatan udara diasumsi sebesar $1,225 \text{ kg/m}^3$ untuk sebagian besar penggunaan [5].



Gambar 2: Hubungan antara kerapatan dan temperatur serta ketinggian [4].

4. Hasil Pembahasan

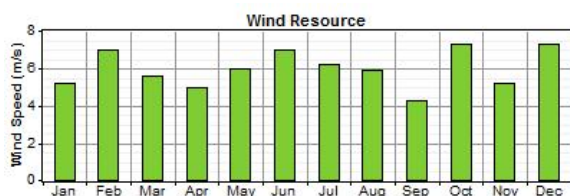
4.1. Energi Angin

Pengukuran potensi energi angin dilakukan dengan cara mengukur kecepatan angin menggunakan anemometer dan untuk data tahunan diperoleh dari Badan Metrologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meulaboh.

Data yang digunakan dalam analisis pembangkit adalah data selama tahun 2012.

Tabel 1 : Kecepatan angin rata-rata perbulan selama setahun setelah dikoreksi.

Bulan	Kecepatan Angin Rata-rata (m/s)
Januari	5.2
Februari	7
Maret	5.6
April	5
Mei	6
Juni	7
Juli	6.2
Agustus	5.9
September	4.3
Oktober	7.3
November	5.2
Desember	7.3
Kecepatan angin rata-rata	6



Gambar 3: Frekwensi kecepatan angin pertahun dalam bentuk diagram

4.2. Diesel

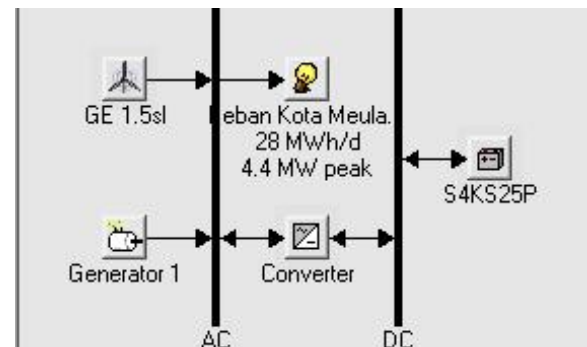
Sebagai sistem pembangkit hibrid, Generator digunakan sebagai sumber pembangkit yang berasal dari non-renewable energy (sumber energi selain sumber energi terbarukan).

Tabel 2 : Sifat-sifat bahan bakar solar

Fuel Properties	Value
Lower Heating Value (MJ/kg)	43.2
Density (kg/m ³)	820
Carbon Content (%)	88
Sulfur Content (%)	0.33

4.3. Pemodelan Turbin Angin oleh Perangkat Lunak HOMER

Pemodelan pembangkit sistem hibrid dari turbin angin dan generator memperlihatkan kombinasi dari sistem.

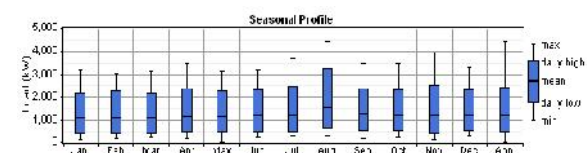


Gambar 4: Pemodelan Sistem

Dari gambar tersebut terlihat bahwa sistem pembangkit terdiri dari Turbin Angin yang menghasilkan energi listrik dalam bentuk arus searah (DC), kemudian arus tersebut dirubah menjadi arus bolak balik (AC) oleh Converter.

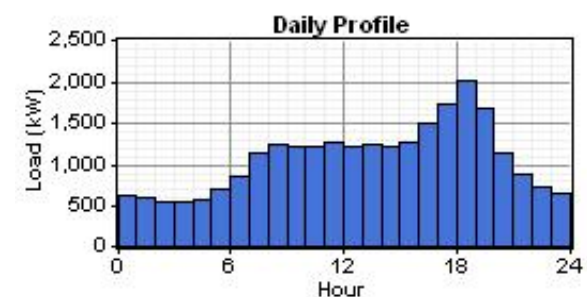
4.4. Beban Pembangkit

Beban pembangkit yang diberikan oleh pengguna terhadap sistem adalah dalam bentuk penggunaan daya listrik tahunan, baik yang bersifat utama maupun beban tambahan.



Gambar 5: Beban daya listrik pertahun

Beban daya harian memperlihatkan penggunaan beban selama kurun waktu pemakaian 24 jam.



Gambar 6: Profil beban harian

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa, pemakaian beban listrik terbesar (puncak) terjadi sekitar pukul 18.00 dan pemakaian beban terendah terjadi sekitar pukul 03.00.

4.5. Hasil Optimasi Program Homer

Setelah memasukkan semua data beban energi listrik dan energi angin kedalam perangkat lunak,

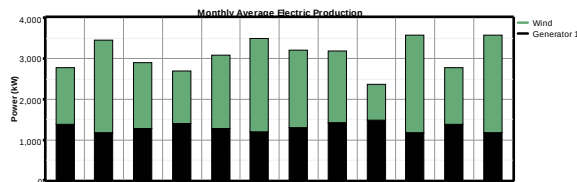
HOMER kemudian melakukan simulasi terhadap data tersebut dengan cara memvariasikan semua parameter sehingga menghasilkan output.

Tabel 3: Hasil optimasi keseluruhan

GE	Genl	Datore	CuE	Total NPC	CoE	Ren
1.5sl	(kW)	(kWh)	(kW)		(\$/kWh)	Frac
3	5,000	2	4	66,535,084	0.507	0.58
2	5,000	3	4	67,113,504	0.511	0.46
4	5,000	3	4	67,124,520	0.511	0.66
2	5,000	1	4	67,135,048	0.511	0.46
4	5,000	0	0	67,149,416	0.511	0.66
2	5,000	0	0	67,153,728	0.512	0.46
5	5,000	2	4	68,091,256	0.519	0.71
5	5,000	3	4	68,094,040	0.519	0.71
5	5,000	4	4	68,095,816	0.519	0.71
1	5,000	2	4	69,822,792	0.532	0.28
1	5,000	3	4	69,825,568	0.532	0.28
3	6,000	2	4	78,075,176	0.595	0.54
4	6,000	0	0	78,321,464	0.597	0.62
5	6,000	2	4	78,951,064	0.601	0.67
2	6,000	3	4	79,243,152	0.604	0.42
0	6,000	5	4	82,873,312	0.641	0.00
1	6,000	1	4	82,925,648	0.632	0.25

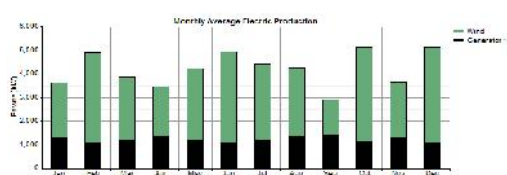
Hasil simulasi dari HOMER memperlihatkan peringkat berdasarkan biaya yang efektif, yaitu sistem yang mempunyai biaya Net Present Cost (NPC) terkecil.

Pada sistem pembangkitan ini, didapat nilai Net Present Cost (NPC) terendah adalah \$66,535,084; Cost of Energy (COE) adalah 0.507 \$/kWh, dan nilai dari Renewable Fraction (FR) adalah sebesar 58 %.

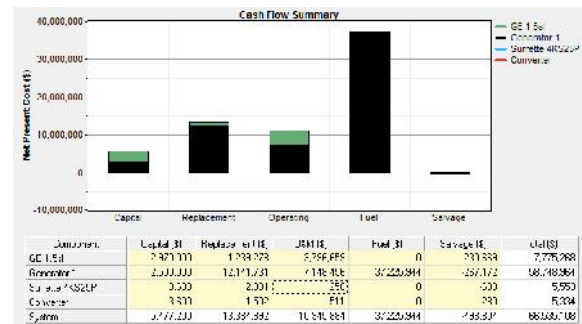


Gambar 7: Kontribusi energi pada sistem pembangkit dengan nilai RF : 58 %

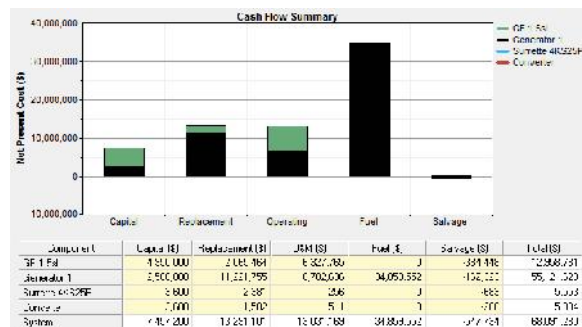
Pada daftar selanjutnya dari sistem pembangkit, terdapat sebuah sistem yang mempunyai Renewable Factor (RF) sebesar 71 %, total Net Present Cost (NPC) sebesar \$68,091,256 dan Cost of Energy (COE) sebesar 0.519 \$/kWh. Pada sistem ini terjadi peningkatan nilai Net Present Cost (NPC) sebesar 2.34 % dengan nilai Renewable Factor (RF) sistem terjadi peningkatan yaitu dari 58 % menjadi 71 %, sehingga sistem tersebut dapat menjadi suatu pertimbangan untuk dilaksanakan.



Gambar 8: Kontribusi energi pada sistem pembangkit dengan nilai RF : 71 %



Gambar 9: Perincian biaya untuk nilai Renewable Factor (RF) sebesar 58 %



Gambar 10: Perincian biaya untuk nilai Renewable Factor (RF) sebesar 71 %

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap sistem pembangkit listrik hibrid (PLH) di kota Meulaboh, maka dapat disimpulkan :

1. Perancangan sistem pembangkit yang dilakukan terdiri dari turbin angin, generator, baterai dan inverter, yaitu untuk mendapatkan konfigurasi sistem pembangkit dengan biaya yang efektif yang digunakan untuk memasok kebutuhan energi listrik pada sekitar 14.846 rumah tangga.
2. Hasil simulasi HOMER dalam bentuk optimasi keseluruhan memperlihatkan nilai simulasi sistem berdasarkan Net Present Cost (NPC) terendah, maka didapat nilai NPC terendah untuk sistem tersebut adalah \$66,535,084, Cost of Energy (COE) adalah 0.507 \$/kWh dan nilai Renewable Factor (RF) sebesar 0 %.
3. Hasil dengan nilai renewable factor (RF) terbesar adalah 71 %, memberikan nilai Net Present Cost (NPC) sebesar \$68,091,256 dan Cost of Energy (COE) sebesar 0.519 \$/kWh.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap sistem pembangkit listrik sistem hibrid di kota Meulaboh, maka penulis memberikan beberapa saran antara lain :

1. Penelitian pembangkit listrik sistem hibrid pada lokasi yang sama perlu dilakukan terhadap

kombinasi sumber sistem pembangkit yang lain, seperti energi matahari, energi gelombang dan lain sebagainya.

2. Penelitian mengenai sistem hibrid ini dapat dikembangkan di lokasi-lokasi yang lain, untuk mencari potensi yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.W. Culp, 1991. *Principles of Energy Conversion*, 2nd Edition (McGraw Hill International Edition, NewYork)
- [2] Breeze, P. et al, 2009. *Renewable Energy Focus Handbook*, Oxford, UK: Elsevier Inc.
- [3] Fernando D. B., Hernán D. B., and Ricardo J. M., 2007. *Wind Turbine Control Systems: Principles, Modelling and Gain Scheduling Design*, London:Springer-Verlag.
- [4] Sathyajith Mathew, 2006. *Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics*, Krips bv, Meppel Binding: Stürtz AG, Würzburg.
- [5] Y. Daryanto, 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*, Balai PPTAGG-UPT-LAGG Yogyakarta.