

Analisis Pembangkit Listrik Hibrid Untuk Kawasan Universitas Teuku Umar Meulaboh

Sulaiman Ali, Maldi Saputra

Mahasiswa Pasca Sarjana Teknik Mesin - Institut Teknologi Surabaya - Surabaya
Dosen Teknik Mesin - Universitas Teuku Umar - Meulaboh
E-mail : sulaimanali@yahoo.com, maldi_poetra@yahoo.co.id

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 for Teuku Umar University 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. The results of the simulation is given by the value of the Net Present Cost (NPC) and the lowest, in the amount of \$43,686,940, Cost of Energy (COE) is 16.993 \$/kWh for the value of Renewable Factor (RF) was 40% and for the value of Renewable Factor (RF), the largest at 58%, the value of the Net Present Cost (NPC) amounted to \$ 68,091,256 and Cost of Energy (COE) is 16.993 \$/kWh.

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

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar yang berasal dari fosil ini telah menimbulkan banyak masalah. Diantaranya masalah lingkungan, kesehatan, ekonomi, dan bahkan berpotensi menimbulkan konflik internasional akibat sengketa penguasaan lahan-lahan kaya sumber energi fosil. Eksploitasi sumber energi fosil yang tak dapat diperbaharui juga telah menimbulkan perhatian atas kemungkinan habisnya sumber-sumber cadangan energi tersebut. Pemakaian energi listrik pada suatu bangunan harus dilakukan penghematan dan pengurangan ketergantungan pengadaan sumber energi listrik dari sumber energi fosil. Salah satu usaha untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber-sumber energi yang berasal dari fosil dan untuk memberikan alternatif solusi dari permasalahan di atas adalah dengan mengembangkan sumber-sumber energi terbarukan. Sumber energi terbarukan ini merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, mampu meminimalisir dampak sosial, lebih murah dan merupakan sumber terbarukan sehingga dapat dimanfaatkan dalam jangka waktu yang lama.

Kawasan kampus Universitas Teuku Umar merupakan salah satu kawasan yang terletak dipesisir pantai barat-selatan aceh. Lokasi kampus Universitas Teuku Umar merupakan lokasi dengan kawasan dengan spesifikasi tanaman tinggi dan lindung, maka mempunyai potensi energi angin sebagai lokasi pemasangan turbin angin untuk pembangkit listrik.

Keperluan energi listrik di kampus Universitas Teuku Umar setiap tahunnya sangat besar yaitu sekitar 57,96 KWatt (Berdasarkan data dari Rektorat UTU), pemanfaatan energi listrik sekarang ini masih memanfaatkan pasokan energi listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sehingga perlu biaya tagihan listrik yang besar dan pasokan listrik yang kadang-kadang terputus dari PLN.

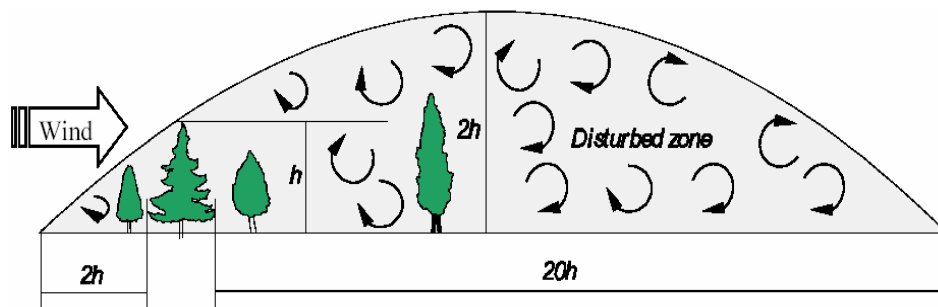
Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pemanfaatan potensi energi angin dikawasan kampus Universitas Teuku Umar sebagai pembangkit listrik energi angin untuk

memenuhi kebutuhan energi listrik di semua gedung Universitas Teuku Umar (UTU) Meulaboh.

Potensi Energi Angin Pengukuran Data Angin

Data sekunder dan hasil observasi dianalisis untuk dijadikan dasar rancangan umum sistem konversi energi angin (SKEA). Untuk memperoleh data yang dapat dipercaya dan konsisten di lokasi, juga harus diperhatikan letak aktual anemometer, jarak dan tinggi bangunan-bangunan yang terdekat, vegetasi, pohon-pohonan dan bukit-bukit atau gundukan-gundukan terdekat yang dapat menjadi rintangan sehingga menimbulkan aliran berolak.

Kecepatan angin pada ketinggian di mana turbin angin dipasang akan diekstrapolasi dari data yang didapat dengan mempertimbangkan kekasaran permukaan setempat dan lapisan batas atmosfer.



Gambar 1: Aliran berolak akibat rintangan.

Pengukuran data angin ini dilakukan bukan untuk dasar perancangan tetapi lebih ditujukan untuk keperluan sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik angin lokal.
2. Mengumpulkan informasi yang dapat dijadikan dasar untuk menentukan peruntukkan dan kesesuaian rancangan.
3. Bahan komparasi terhadap data sekunder.

Analisa potensi angin dapat memberikan informasi mengenai:

- Pola angin berkala dalam periode tertentu,
- Durasi kecepatan angin rendah dan kecepatan angin tinggi,
- Kecepatan angin di daerah yang tidak jauh dengan lokasi pengukuran,
- Berapa banyak energi yang dapat tersedia pertahunnya.

Semua informasi ini berguna dalam menentukan apakah pemanfaatan energi angin pada suatu lokasi itu baik untuk kegunaan mekanikal atau elektrik. Kecepatan angin pada tempat di mana sistem konversi turbin angin akan di pasang akan dianalisis dan dihitung berdasarkan data yang ada, baik dari BMKG maupun hasil pengukuran sebagai suplemen dan bahan rujukan.

Sumber Daya Energi Angin Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari.

Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan

kincir atau turbin angin. Oleh karena itu, kincir atau turbin angin sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA).

Daya adalah energi per satuan waktu. Daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara, dan kubik kecepatan angin, seperti diungkapkan dengan persamaan berikut:

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (1)$$

Tekanan angin dinamik yang menerpa suatu luas sapuan tertentu akan menghasilkan gaya angin. Dengan demikian gaya angin diperoleh dari perkalian antara tekanan angin dinamik dan luas sapuan sebagai berikut :

$$F = qA \quad (2)$$

Angin bertiup menerpa rotor. Oleh karena itu luas sapuan dalam hal ini adalah luas rotor, yaitu :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (3)$$

Secara definisi perkalian antara gaya angin dan kecepatan angin menghasilkan daya angin, yaitu

$$P_{\text{angin}} = FV \quad (4)$$

Angin bertiup menerpa rotor dengan luas sapuan tertentu. Namun tidak semua daya angin dapat diserap oleh rotor. Besarnya daya angin yang dapat diserap oleh rotor sangat tergantung pada prestasi rotor, yang mana biasanya dinyatakan dalam koefisien daya, c_p . Berdasarkan hal tersebut maka persamaan (1.4) dapat ditulis ulang menjadi

$$P_{\text{rotor}} = c_p P_{\text{angin}} \quad (5)$$

Daya kinetik rotor selanjutnya disalurkan ke sistem transmisi (*gear box*) dan generator untuk dikonversi menjadi daya listrik. Kedua komponen tersebut tentunya mempunyai efisiensi masing – masing sehingga daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{turbin}} = \eta_{\text{transmisi}} \eta_{\text{generator}} P_{\text{rotor}} \quad (6)$$

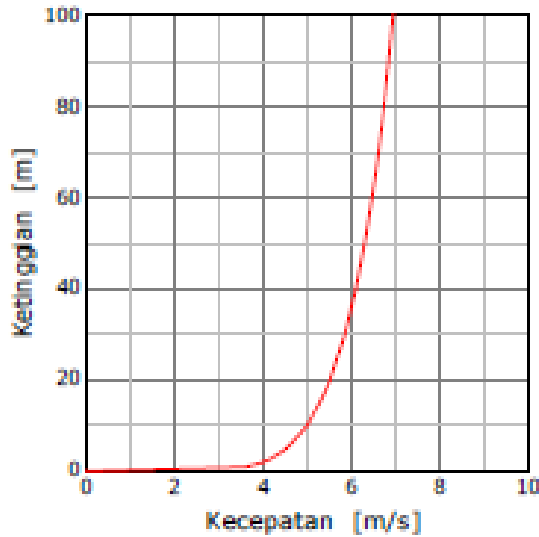
Selain dipengaruhi oleh prestasi turbin angin itu sendiri, energi yang dihasilkan oleh turbin angin dalam jangka waktu tertentu juga dipengaruhi oleh potensi angin di daerah dimana turbin angin tersebut dioperasikan. Tentunya semakin tinggi kecepatan angin rata – rata, maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan.

Profil geseran angin (*Wind shear profile*)

Angin seperti fluida yang lain pada umumnya mempunyai profil geseran atau profil kecepatan ketika mengalir melewati benda padat, misalnya permukaan bumi. Pada tepat di permukaan bumi, kecepatan relatif angin terhadap permukaan bumi sama dengan nol.

Kemudian kecepatan ini menjadi semakin tinggi sebanding ketinggian dari permukaan bumi. Ada dua jenis profil geseran angin yang biasa digunakan untuk menghitung energi: profil geseran angin eksponensial (*exponential wind shear profile*) dan profil geseran angin kekasaran permukaan (*surface roughness wind shear stress*).

$$v = v_{\text{ref}} \left(\frac{h}{h_{\text{ref}}} \right)^\alpha \quad (7)$$



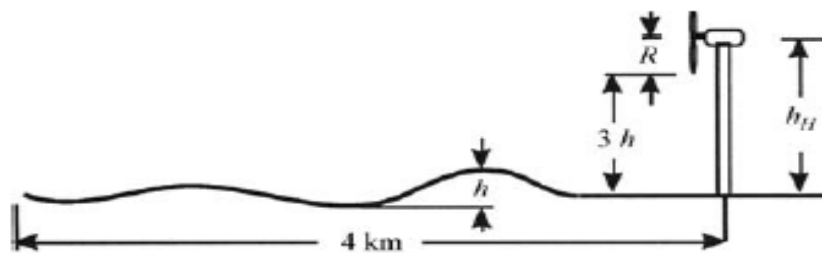
Gambar 2: Profil umum geseran angin.

Pengaruh Karakteristik Bentuk Dataran Terhadap Angin

Klasifikasi Dataran

Klasifikasi dasar dataran dibagi kedalam daerah datar dan daerah tidak datar. Klasifikasi daerah tidak datar adalah sebagai daerah kompleks (pertimbangan efek dataran terhadap kondisi aliran udara). Pada daerah datar terdapat penyimpangan aliran udara yang kecil, seperti hutan, bangunan rumah, dll (*Wegley et al., 1980*). Daerah tidak datar mempunyai perbedaan ketinggian dan kedalaman, seperti bukit, pegunungan dan lembah. Beberapa hal harus dipenuhi untuk memenuhi kondisi daerah datar untuk penempatan turbin angin:

1. Perbedaan ketinggian antara lokasi turbin angin dan daerah sekitarnya tidak lebih dari 60m pada jarak diameter lingkaran 11,5 km disekitar lokasi turbin.



Gambar 5: Penentuan daerah datar

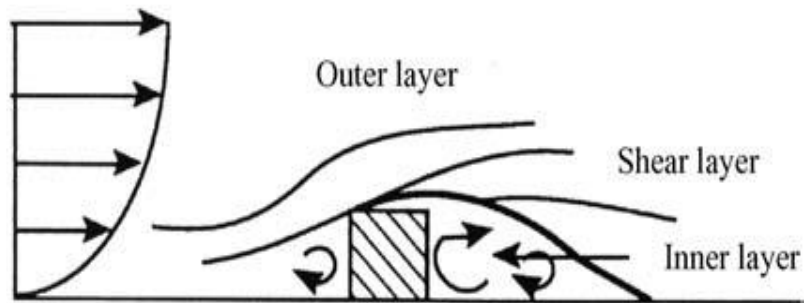
2. Perbukitan yang mempunyai aspek rasio (tinggi terhadap lebar) tidak lebih besar dari 1/50 yang berjarak sekitar 4 km terhadap hulu dan hilir.
3. Perbedaan ketinggian antara ujung bawah dari disk rotor terhadap ketinggian terendah pada daratan yaitu tiga kali lebih besar dari selisih ketinggian maksimum (h) dalam 4 km dari arah hulu.

Aliran diatas dataran datar dengan hambatan

Aliran udara yang mengalir pada daerah dataran datar juga terdapat beberapa hambatan, yaitu hambatan yang diciptakan oleh manusia dan hambatan yang tercipta oleh

alam. Hambatan yang diciptakan oleh manusia seperti, bangunan, silo, dll. Dan hambatan yang tercipta oleh alam seperti barisan perpoohonan, dll.

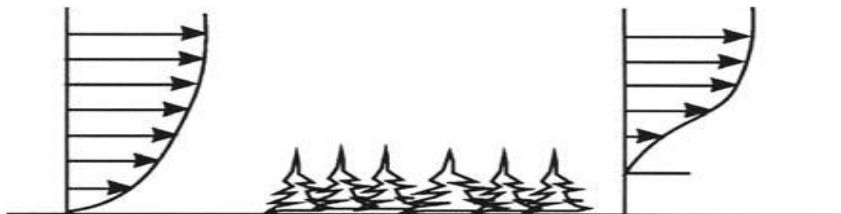
Pada daerah dengan hambatan oleh manusia, hambatan digambarkan sebagai bidang blok persegi panjang dan aliran dipertimbangkan menjadi dua dimensi. Aliran seperti ini seperti ditunjukkan pada gambar menghasilkan momentum bangunan dengan lapisan geser bebas.



Gambar 6: Skema momentum bangunan

Karakteristik dataran tidak rata : skala kecil.

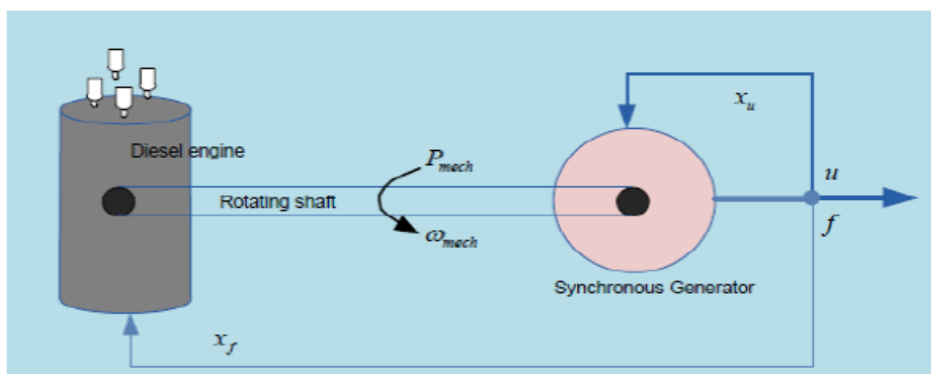
Para peneliti (*Hiester dan Pennell, 1981*) telah membagi dataran tidak rata menjadi daerah terisolir dan daerah pegunungan. Pembagian mengacu kepada skala kecil dan skala besar, untuk dataran tidak rata pada skala kecil dibagi kedalam ketinggian dan kedalaman.



Gambar 7: Pengaruh perubahan kekasaran permukaan dari halus sampai kasar

Generator Diesel, Baterai, dan Unit Pengkodisian Daya Diesel Generator

Generator diesel adalah sebuah mesin yang menggunakan diesel sebagai penggerak utama dalam menghasilkan energi listrik. Generator menghasilkan daya ketika daya yang dihasilkan oleh sumber pembangkit energi terbarukan kekurangan pasokan daya ke sistem, karena adanya permintaan daya oleh pengguna.



Gambar 8: Skema generator diesel pada kecepatan konstan

Generator jenis sinkron yang digunakan untuk memproduksi daya listrik AC beroperasi ketika unit turbin diputar dengan penggerak utama dihubungkan ke poros mesin diesel. Generator ini beroperasi pada kecepatan mesin konstan yang sesuai dengan frekuensi output generator pada tegangan yang diinginkan (50 Hz atau 60 Hz). Generator sinkron tersebut mengontrol tegangan output dengan cara mengontrol arus yang dibangkitkan, pada pengoperasian, tegangan output u dikontrol oleh sinyal kontrol x_f .

Kecepatan mesin dan frekuensi f dikendalikan oleh kontrol sinyal x_f . Generator diesel ini sebagian besar beroperasi pada efisiensi sekitar 30% untuk beban nominal, dan ketika beroperasi di bawah beban nominal, efisiensi menjadi berkurang. Generator beroperasi pada kapasitas rendah ketika konsumsi bahan bakar kecil dan terus meningkat seiring dengan peningkatan konsumsi bahan bakar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.

Baterai

Baterai adalah sebuah perangkat yang menyimpan arus searah (DC) dalam bentuk elektrokimia kemudian dapat digunakan untuk keperluan lebih lanjut. Jumlah energi yang disimpan atau dikeluarkan dari baterai dikontrol oleh pengontrol pengisian daya baterai. Energi listrik yang disimpan baterai dalam bentuk elektrokimia digunakan oleh berbagai perangkat untuk menyimpan energi dalam berbagai aplikasi. Konversi efisiensi dalam baterai tidak sempurna. Energi yang hilang sebagai panas dan terjadi reaksi kimia pada saat pengisian atau pengisian ulang.

Beberapa jenis baterai yang tersedia saat ini, seperti Lead-acid, nickel kadmium, logam nikel, Lithium-ion, Lithium-polimer dan Zinc-air. Lead-acid adalah baterai isi ulang yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi penyimpanan energi [Patel, 2006]. Daya tahan baterai secara langsung berkaitan dengan seberapa lama baterai dapat hidup. Misalnya, jika baterai diisi ulang sebesar 50 persen setiap hari, proses pengisian ulang baterai tersebut berlangsung sekitar dua kali setelah penggunaan baterai tersebut sebesar 80 persen [Leake, 2010].

Inverter

Inverter adalah alat untuk mengubah arus searah (DC) listrik dari sumber listrik seperti baterai dan turbin angin menjadi listrik arus bolak-balik (AC). Arus listrik kemudian digunakan untuk mengoperasikan peralatan listrik AC, seperti yang terhubung ke sebagian besar arus pada rumah tangga. Gelombang inverter input AC adalah sebagai gelombang sinus dengan frekuensi 50/60Hz.

Inverter terdiri dari tiga kategori yang berbeda berdasarkan penerapannya, yaitu inverter grid-tied, inverter grid-tied dengan back-up dan inverter tunggal. Inverter grid tied adalah jenis inverter yang paling banyak dipakai. Inverter ini terhubung langsung ke fasilitas publik, dan menggunakan fasilitas listrik sebagai baterai penyimpanan [Patel, 2006].

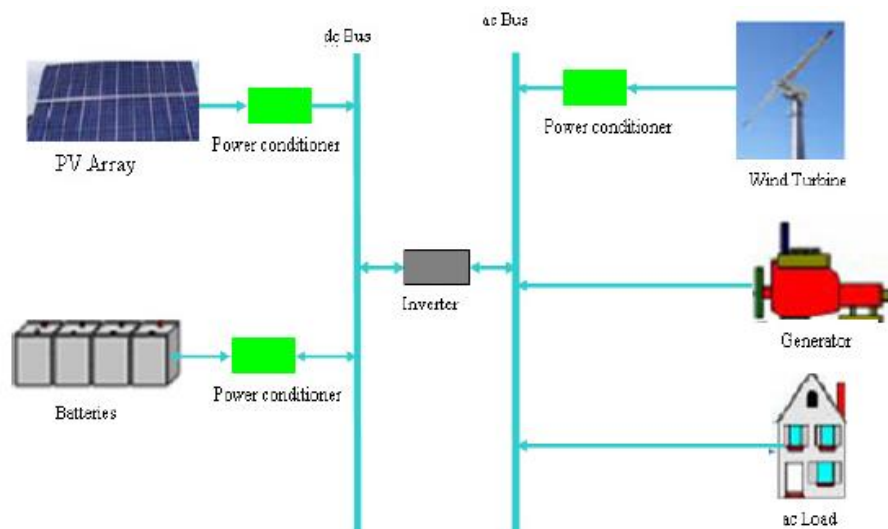
Berdasarkan bentuk gelombang output yang dihasilkan inverter dibagai kedalam tiga jenis, yaitu gelombang persegi, modifikasi gelombang sinus, dan sinus murni. Dari tiga, tipe gelombang tersebut, tipe gelombang persegi paling sederhana dan paling murah, tapi dengan kualitas sinyal output yang rendah. Gelombang sinus yang dimodifikasi cocok untuk pemakaian jenis beban banyak dan merupakan inverter murah dan paling populer. Inverter gelombang sinus murni menghasilkan kualitas sinyal tertinggi dan digunakan untuk perangkat yang sensitif seperti peralatan medis, printer laser, stereo, dll Efisiensi inverter pada saat mengkonversi arus listrik searah menjadi arus listrik bolak-balik saat ini adalah 90 persen atau lebih [Rivera, 2008].

Pembangkitan Daya dengan Sistem Hibrid

Sebuah sistem hybrid adalah kombinasi dari satu atau lebih sumber energi terbarukan seperti surya, angin, tenaga air mikro / mini dan biomassa serta kombinasi dengan teknologi lain seperti baterai dan generator. Sebagai pembangkit listrik *off-grid*, sistem hybrid memberikan daya yang efisien dan ramah lingkungan serta lebih hemat biaya apabila menggunakan pembangkit dengan generator tunggal. Sehingga, energi terbarukan telah menjadi pilihan solusi untuk sistem *off-grid* pada pembangkit listrik [Ali B. et al, 2010].

Sistem hybrid yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah pembangkit yang menggabungkan turbin angin dengan generator diesel dan bank baterai. Pengkondisian unit daya, seperti inverter, juga merupakan bagian dari sistem pembangkit. Hybrid turbin angin dan generator, memberikan banyak kelebihan dibandingkan apabila suatu sistem pembangkit hanya berdiri sendiri. Misalnya, pada saat cuaca tidak mendukung dalam pengoperasian turbin angin maka generator akan melakukan pembangkitan [Patel, 2006].

Keuntungan lain dari sistem hybrid adalah kestabilan dari sistem terjaga dan menurunkan tingkat perawatan dari sistem, sehingga mengurangi waktu diam sistem selama perbaikan atau pemeliharaan rutin. Selain itu, suatu sistem energi terbarukan dapat mengurangi emisi dan polusi udara sekitar pembangkit [Getachew, 2009]. Sistem pembangkit yang menggabungkan sistem energi angin dan generator membangkitkan energi listrik berdasarkan beban daya yang dibutuhkan oleh pengguna. Charge controller akan mengisi baterai yang bangkitkan oleh pembangkit energi angin dan generator. Generator akan membangkitkan daya dan selanjutnya mengisi ulang baterai untuk memasok beban berlebih ketika sumber terbarukan tidak cukup untuk memasok beban. Skema dari sistem hibrida Angin-Generator diberikan pada Gambar 9.



Gambar 9: Skema umum dari sistem hybrid

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data kecepatan angin di kawasan kampus Universitas Teuku Umar, diberikan oleh data dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meulaboh.

Data yang digunakan adalah data kecepatan angin setahun selama tahun 2012.

Alat dan Bahan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini alat dan bahan yang diperlukan adalah terdiri dari:

1. Anemometer Cup, yang berfungsi sebagai pengumpul data kecepatan angin yang digunakan dalam mengolah data angin.
2. Satu unit komputer setara Pentium 4, yang digunakan untuk menjalankan program Homer dalam pengolahan data.

Metode Penelitian

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

1. Pengambilan data kebutuhan energi listrik semua gedung di kampus UTU, yaitu meliputi :
 - a. Data didapat dari bagian umum rektorat Universitas Teuku Umar.
 - b. Penggunaan daya energi listrik semua gedung di kampus Universitas Teuku Umar ditambah kapasitas sebesar 20 % dari semula, karena menurut pengelola gedung kebutuhan energi listrik masih belum mencukupi.
 - c. Pengambilan data karakteristik lapangan tempat turbin angin akan dipasang.
2. Pengumpulan data kecepatan angin, yaitu meliputi :
 - a. Pengumpulan/pengambilan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meulaboh tentang kondisi suatu daerah.
 - b. Identifikasi profil suatu daerah yang berkaitan dengan geografis, iklim, maupun potensi angin lokal
3. Rekomendasi Sistem Konversi Tenaga Angin (SKEA) yang sesuai untuk pembangkit listrik tenaga angin pada lokasi penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber Daya Energi Listrik

Energi Angin

Hasil pengukuran energi angin, menggunakan data energi angin hasil pengukuran dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meulaboh.

Data kecepatan angin yang dipergunakan dalam analisis yaitu data kecepatan angin tahun 2012, seperti diperlihatkan pada tabel 1.

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

Bulan	Kecepatan Angin Rata-rata (Knott)	Kecepatan Angin Rata-rata (m/s)
Januari	7	3.6
Februari	9.5	4.9
Maret	7.5	3.9
April	6.9	3.5
Mei	8.2	4.2
Juni	9.6	4.9
Juli	8.3	4.3
Agustus	8	4.1
September	6	3
Oktober	10	5.1
November	7	3.6
Desember	10	5.1
Kecepatan angin rata-rata	8.358	4.28

Data dari BMKG Stasiun Meulaboh harus dikoreksi menurut ketinggian poros turbin angin dan berdasarkan nilai koefisien karakteristik daerah dimana lokasi turbin angin akan dipasang.

Ketinggian poros turbin angin adalah 60 meter dari permukaan tanah serta kondisi lokasi pemasangan turbin angin terletak pada daerah “Tanaman tinggi dan Lindung” dengan koefisien gesekan (α) sebesar 0,20 maka data tersebut menjadi :

Tabel 2: 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

Diesel

Sebagai sistem pembangkit hibrid, Generator digunakan sebagai sumber pembangkit yang berasal dari non-renewable energy (sumber energi selain sumber energi terbarukan). Generator yang digunakan pada sistem hibrid ini adalah generator diesel yang berbahan bakar solar, adapun sifat-sifat dari bahan bakar diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3: Sifat-sifat bahan bakar solar.

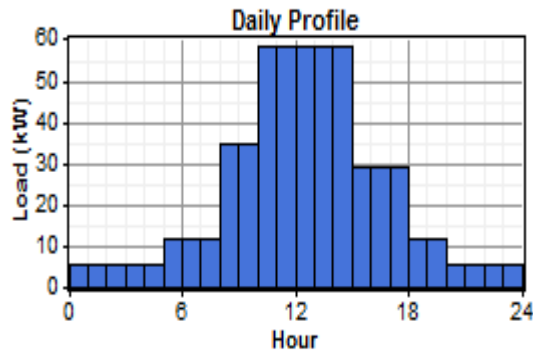
Fuel Properties	Value
Lower Heating Value (MJ/kg)	43.2
Density (kg/m ³)	820
Carbon Content (%)	88
Sulfur Content (%)	0.33

Beban Energi Listrik untuk Pembangkit

Beban energi listrik untuk pembangkit memperlihatkan kebutuhan energi listrik yang diperlukan oleh gedung-gedung dilingkup Universitas Teuku Umar (UTU) Meulaboh, kebutuhan tersebut seperti untuk pengoperasian alat-alat komputer, operasional mesin pendingin udara (AC) maupun untuk keperluan operasional kantor lainnya.

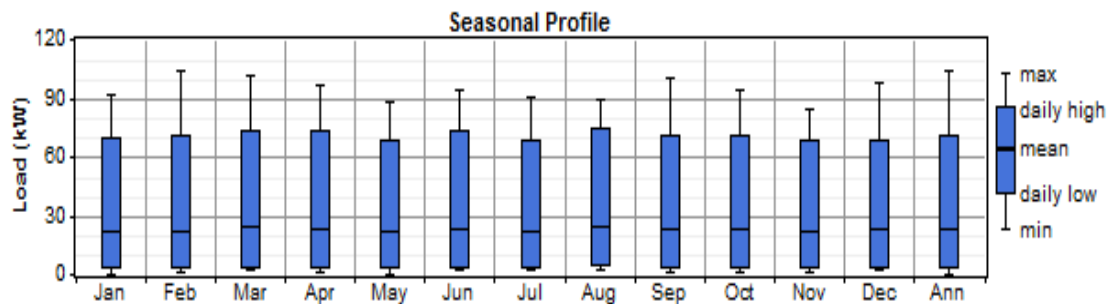
Penggunaan energi listrik pada gedung-gedung kampus Universitas Teuku Umar (UTU) ini sudah dilakukan perencanaan penambahan beban energi listrik sebesar 20 %, mengingat masih belum mencukupinya pasokan energi listrik dalam menjalankan operasional sehari-hari.

Profil penggunaan energi listrik harian pada kampus Universitas Teuku Umar (UTU) Meulaboh seperti diperlihatkan pada gambar 10.



Gambar 10: Profil penggunaan energi listrik harian

Profil penggunaan energi listrik secara menyeluruh, memperlihatkan penggunaan beban energi listrik selama setahun dan disertai keterangan pemakaian beban, seperti maksimum, minimum, dan rata-rata, seperti diperlihatkan pada gambar 11.



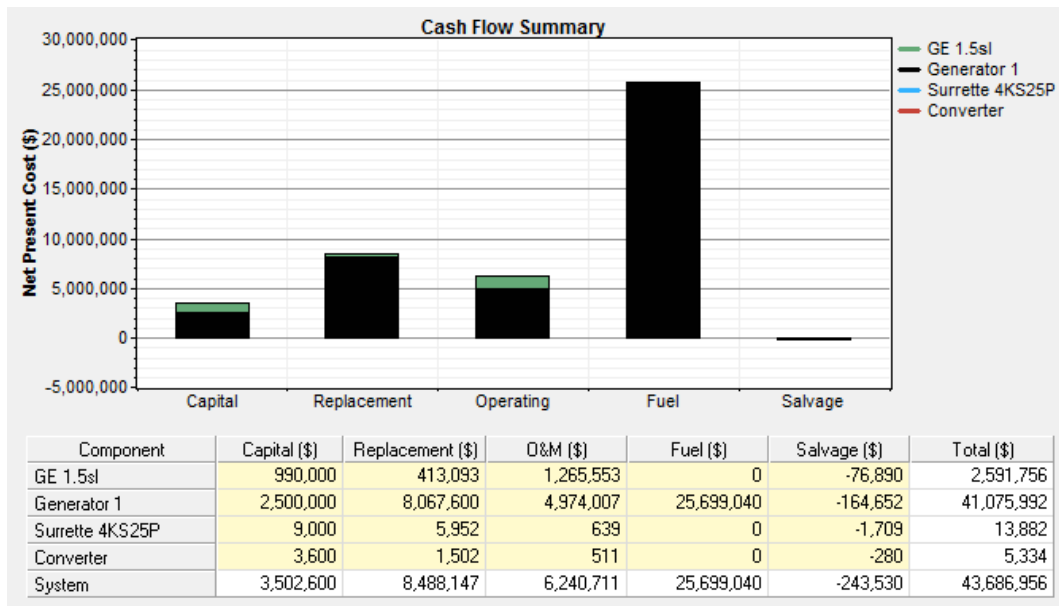
Gambar 11: Profil penggunaan energi listrik menyeluruh

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. Output yang dihasilkan adalah parameter kelayakan dari sistem yang terdiri dari turbin angin, generator, baterai dan converter.

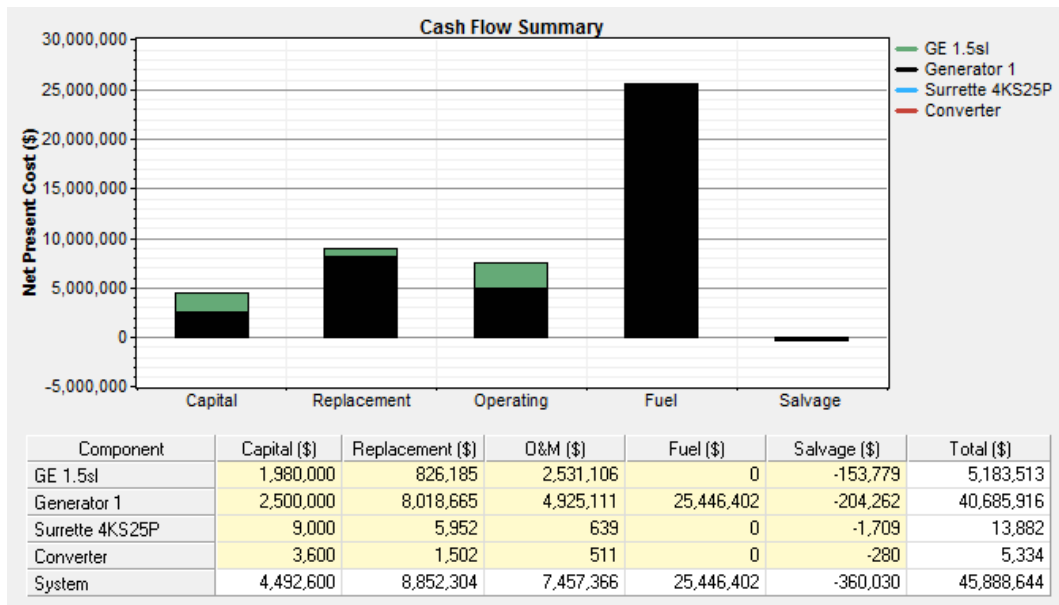
Sistem pembangkit yang terdiri dari turbin angin, generator, baterai dan converter dalam menjalankan sistemnya menggunakan pola Cycle Charging, yaitu strategi pengiriman sistem pembangkit yang menggunakan generator dalam memenuhi kebutuhan beban utama, sedangkan pemenuhan beban tambahan dilakukan oleh sumber pembangkit energi terbarukan.

Pada sistem pembangkitan ini, didapat nilai Net Present Cost (NPC) terendah adalah \$43,686,940; Cost of Energy (COE) adalah 16.993 \$/kWh, dan nilai dari Renewable Fraction (FR) adalah sebesar 40 %. Perincian biaya pada sistem pembangkit ini diberikan pada gambar 12.



Gambar 12: Perincian biaya untuk nilai Renewable Factor (RF) sebesar 40 %

Pada daftar selanjutnya dari sistem pembangkit, terdapat sebuah sistem yang mempunyai Renewable Factor (RF) sebesar 58 %, total Net Present Cost (NPC) sebesar \$45,888,624 dan Cost of Energy (COE) sebesar 17.849 \$/kWh. Pada sistem ini terjadi peningkatan nilai Net Present Cost (NPC) sebesar 45 % dengan nilai Renewable Factor (RF) sistem terjadi peningkatan yaitu dari 40 % menjadi 58 %, sehingga sistem tersebut dapat menjadi suatu pertimbangan untuk dilaksanakan. Perincian biaya pada sistem pembangkit ini diberikan pada gambar 13.



Gambar 13: Perincian biaya untuk nilai Renewable Factor (RF) sebesar 58 %

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap sistem pembangkit listrik hibrid (PLH) untuk kawasan kampus Universitas Teuku Umar (UTU) Meulaboh, maka dapat disimpulkan :

1. Kecepatan angin rata-rata yang dihasilkan dari hasil pengukuran untuk perancangan sistem pembangkit adalah sebesar 6.00 m/s.
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 \$43,686,940, Cost of Energy (COE) adalah 16.993 \$/kWh dan nilai Renewable Factor (RF) sebesar 40 %.
3. Hasil dengan nilai renewable factor (RF) terbesar adalah 58 %, memberikan nilai Net Present Cost (NPC) sebesar \$45,888,624 dan Cost of Energy (COE) sebesar 17.849 \$/kWh.

5. SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap sistem pembangkit listrik sistem hibrid untuk kawasan kampus Universitas Teuku Umar (UTU) Meulaboh, maka penulis memberikan beberapa saran antara lain :

- a. Penerapan pembangkit listrik sistem hibrid antara pemanfaatan energi angin dan generator di kawasan kampus Universitas Teuku Umar (UTU) Meulaboh, memerlukan subsidi yang besar dari pemerintah, baik pemerintah daerah maupun pemerintah pusat.
- b. Penerapan sistem pembangkit hibrida ini harus betul-betul dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, mengingat sistem pembangkit ini yang ramah lingkungan dan mengurangi efek rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.R. Jha, Ph.D. *Wind Turbine Technology*. CRC Press Taylor & Francis Group
- [2] Anonymous, (2002). *Guidelines for Design of Wind Turbines 2nd Edition*, Det Norske Veritas, Copenhagen (Wind.Turbine.Certification@dnv.com) and Wind Energy Department, Risø National Laboratory (Certification@risoe.dk)
- [3] Alliance for Rural Electrification, (2008). *Hybrid Power System Based on Renewable Energies: A Suitable and Cost-Competitive Solution for Rural Electrification*, <http://www.ruralelec.org>.
- [4] AWEA, (1997). *International wind energy incentives*, American Wind Energy Association Washington D.C
- [5] A.W. Culp, (1991). *Principles of Energy Conversion*, 2nd Edition (McGraw Hill International Edition, NewYork)
- [6] Argaw, N., R. Foster, R. and A. Ellis (2003), *Renewable Energy for Water Pumping Applications in Rural Villages*, NREL (National Renewable Energy Laboratory), Colorado.
- [7] Brown, L. A. (2004), *Europe Leading World Into Age of Wind Energy*, Earth Institute Policy.
- [8] BTM Consults ApS (2005), *International Wind Energy Development World Market Update 2004 Forecast 2005-2009*, Press Release March 31, 2005.
- [9] Mick Sagrillo, Ian Woofenden, Robert Aram and Jim Green, *WIND POWER Basics*. New Society Publisher.