

Homer Sebagai Analisator Energi Angin Di Kota Meulaboh

Maidi Saputra

Dosen Teknik Mesin - Universitas Teuku Umar - Meulaboh

E-mail : maidi_poetra@yahoo.co.id

Abstrak

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. Berbagai sumber energi terbarukan yang dapat dikembangkan antara lain energi air, energi laut yang dapat meliputi energi gelombang, energi pasang surut, energi biomassa, energi surya serta energi angin. Aceh barat merupakan salah satu kawasan yang terletak dikawasan pantai barat aceh dan berbatasan langsung dengan lautan hindia yang dikenal mempunyai potensi energi angin yang sangat besar. Menurut data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Meulaboh kecepatan angin rata-rata diwilayah meulaboh dan sekitarnya pada tahun 2011 adalah sebesar 9 m/s. Analisa turbin angin dilakukan dengan perangkat lunak HOMER menggunakan data angin di wilayah Aceh Barat dengan mengambil data sekunder dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Meulaboh. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai analisa penggunaan berbagai jenis turbin angin pada wilayah aceh barat serta analisa output daya yang dihasilkan yang dapat dilakukan pemanfaatannya. Penelitian direncanakan dengan mengambil data sekunder dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Meulaboh tentang kondisi angin di wilayah meulaboh dan sekitarnya untuk jangka waktu satu tahun yaitu data untuk bulan Oktober 2011 sampai dengan Oktober 2012. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran potensi angin kemudian dilakukan pengolahan / analisis kecepatan angin untuk mendapatkan pemodelan turbin angin yang sesuai dengan kondisi angin yang ada dengan menggunakan perangkat lunak HOMER. Gilman, P., Lambert, T (2005). Perangkat lunak HOMER adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk optimasi model sistem pembangkit listrik skala kecil (micropower), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik atau pun tidak. Perangkat lunak ini bekerja berdasarkan tiga langkah utama, yaitu simulasi, optimasi dan analisis sensitifitas.

Kata Kunci : energi fosil, energi terbarukan, energi angin, homer, turbin angin

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, tingkat kebutuhan energi manusia juga semakin meningkat. Pemenuhan energi ini sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang berumur jutaan tahun dan tak dapat diperbaharui, dan sebagian kecil saja yang berasal dari penggunaan sumber energi lain yang lebih terbarukan. 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.

Sebagai contoh cadangan minyak dunia hanya cukup untuk jangka waktu 40-68 tahun kedepan, dan cadangan batu bara dunia sedikit lebih lama yaitu 177-400 tahun kedepan. Masalah lain yang ada yaitu mengenai persebaran dari penyediaan energi yang tidak merata, seperti yang terjadi pada distribusi listrik di beberapa daerah, pada daerah-daerah terpencil masih banyak masyarakat yang belum dapat menikmati energi listrik akibat sulitnya membangun jaringan listrik.

Banyak masyarakat ekonomi lemah yang tidak mampu untuk membayar biaya pemasangan dan rekening listrik, akibatnya mereka belum dapat menikmati energi listrik. 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. Berbagai sumber energi terbarukan yang dapat dikembangkan antara lain energi air, energi laut yang dapat meliputi energi gelombang, energi pasang surut, energi biomassa, energi surya serta energi angin.

Aceh barat merupakan salah satu kawasan yang terletak dikawasan pantai barat aceh dan berbatasan langsung dengan lautan hindia yang dikenal mempunyai potensi energi angin yang sangat besar. Menurut data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Meulaboh kecepatan angin rata-rata diwilayah meulaboh dan sekitarnya pada tahun 2011 adalah sebesar 9 m/s.

Analisa turbin angin dilakukan dengan perangkat lunak *HOMER* menggunakan data angin di wilayah Aceh Barat dengan mengambil data sekunder dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Meulaboh.

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai analisa penggunaan berbagai jenis turbin angin pada wilayah aceh barat serta analisa output daya yang dihasilkan yang dapat dilakukan pemanfaatannya.

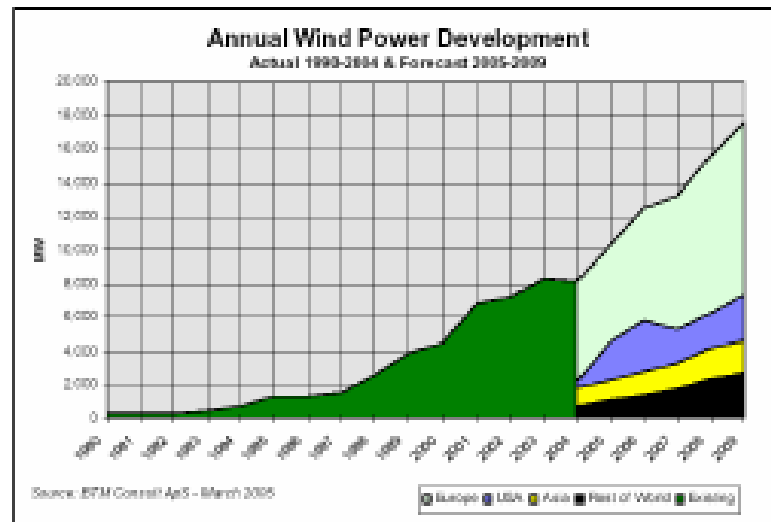
Dengan dilakukan analisa menggunakan perangkat lunak *HOMER* dapat dijadikan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa Jurusan Mesin Universitas Teuku Umar maupun sebagai masukan kepada pihak-pihak yang berkepentingan.

Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan/udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat di terapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air.

Pemanfaatan energi angin ini, selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi sistem pertanian, yang pada gilirannya akan meningkatkan produktifitas masyarakat pertanian. Walaupun pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana saja, daerah-daerah yang memiliki potensi energi angin yang tinggi tetap perlu diidentifikasi agar pemanfaatan energi angin ini lebih kompetitif dibandingkan dengan energi alternatif lainnya. Oleh karena itu studi potensi pemanfaatan energi angin ini sangat tepat dilakukan guna mengidentifikasi daerah-daerah berpotensi.

Angin selama ini dipandang sebagai proses alam biasa yang kurang memiliki nilai ekonomis bagi kegiatan produktif masyarakat. Secara umum, pemanfaatan tenaga angin di Indonesia memang kurang mendapat perhatian. Sampai tahun 2004, kapasitas terpasang

dari pemanfaatan tenaga angin hanya mencapai 0.5 MW dari 9.29 GW potensi yang ada (DESDM, 2005). Padahal kapasitas pembangkitan listrik tenaga angin di dunia telah berkembang pesat dengan laju pertumbuhan kumulatif sampai dengan tahun 2004 melebihi 20 persen per tahun. Dari kapasitas terpasang 5 GW pada tahun 1995 menjadi hampir 48 GW pada akhir tahun 2004 tersebar dalam 74,400 turbin angin di sekitar 60 negara (BTM Consults ApS, 2005).



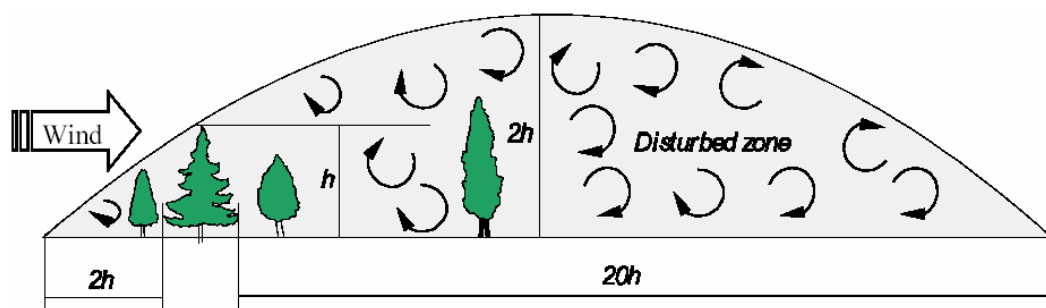
Gambar 2.1 Laju pertumbuhan energi angin tahunan di dunia

2.1 Potensi energi angin.

2.1.1 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 2.2 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 elektrikal.

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.

Data angin yang tersedia dalam rata-rata per jam atau rata-rata per hari selama kurun waktu satu bulanan dalam satu tahun akan diolah dengan menggunakan metode-metode statistik standar pengolahan data angin dan akan disajikan dalam beberapa buah bentuk grafik histogram.

2.3 Sumber Daya Energi Angin

2.3.1 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:

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

Dimana :
q = tekanan dinamik angin
ρ = kerapatan udara
V = kecepatan angin

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 :

$$F = qA$$

dimana
F = gaya angin
A = luas sapuan

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

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Dimana : D = diameter rotor

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

$$P_{\text{angin}} = FV$$

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

$$P_{\text{rotor}} = c_p P_{\text{angin}}$$

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 :

$$P_{\text{turbin}} = \eta_{\text{transmisi}} \eta_{\text{generator}} P_{\text{rotor}}$$

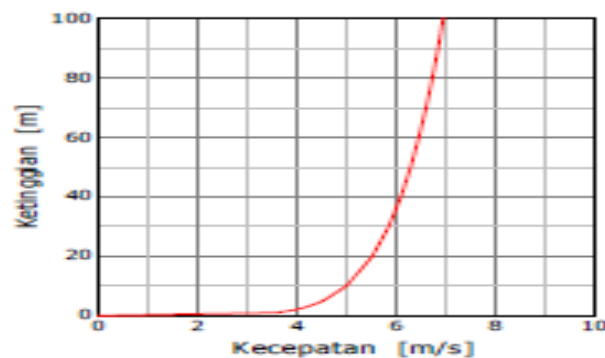
Selain dipengaruhi oleh prestasi turbin angin itu sendiri, energi yang dihasilkan oleh turbin angin dalam jangka waktu tertentu juga dipengaruhi oleh potensi angin di daerah dimana turbin angin tersebut dioperasikan. Tentunya semakin tinggi kecepatan angin rata – rata, maka semakin besar energi listrik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

2.3.2 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*).

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



Gambar 2.3 Profil umum geseran angin.

Di mana, v adalah kecepatan pada ketinggian h , v_{ref} dan h_{ref} masing-masing adalah kecepatan dan ketinggian di mana pengukuran dilakukan. Profil ini tergantung pada kekasaran permukaan. Untuk fluida secara umum α mempunyai nilai $1/7$. Profil angin pada daerah yang memiliki banyak pepohonan seperti perkebunan atau hutan, nilai α dapat mencapai 0.3, sedangkan untuk laut atau daerah-daerah yang terbuka, α mempunyai nilai 0.1.

2.3.3 Pemilihan Tempat Pemasangan

Secara umum tempat-tempat yang baik untuk pemasangan turbin angin antara lain:

1. Celah di antara gunung. Tempat ini dapat berfungsi sebagai *nozzle*, yang mempercepat aliran angin.
2. Dataran terbuka. Karena tidak ada penghalang yang dapat memperlambat angin, dataran terbuka yang sangat luas memiliki potensi energi angin yang besar.
3. Pesisir pantai. Perbedaan suhu udara di laut dan di daratan menyebabkan angin bertiup secara terus menerus.

Walau pada dasarnya turbin angin dapat dipasang di mana saja di tempat-tempat tersebut di atas, pengkajian potensi angin tetap harus dilakukan untuk mendapatkan suatu sistem konversi energi angin yang tepat. Pengkajian potensi energi angin di suatu tempat dilakukan dengan mengukur dan menganalisis kecepatan dan arah angin. Analisis data angin dilakukan dengan menggunakan metoda statistik untuk mencari kecepatan angin rata-rata, durasi kecepatan angin dan distribusi frekwensi data angin.

Jika informasi mengenai arah angin juga tersedia, analisis dengan menggunakan metoda *wind rose* dapat dilakukan untuk mengetahui kecepatan rata-rata, frekwensi dan energi angin di setiap arah mata angin.

Pada prakteknya, penentuan tempat pemasangan sistem konversi energi angin dapat ditentukan dengan cara:

• **Pilih Tempat.** Tempat ditentukan sesuai kebutuhan, kemudian potensi energi angin dikaji dari data yang didapat. Cara ini mempertimbangkan:

- aksesibilitas baik untuk pekerjaan konstruksi maupun perawatan,
- kondisi sosial budaya setempat,
- kepentingan lain

• **Pilih Potensi.** Pemilihan tempat berdasarkan besarnya potensi energi angin yang tersedia. Semakin besar kecepatan angin rata-rata di suatu tempat akan semakin baik. Semakin tinggi potensi energi yang tersedia akan memberikan keuntungan berupa ukuran sistem konversi energi angin yang semakin kecil dan tidak perlu terlalu efisien sehingga pembuatannya akan lebih mudah dan murah.

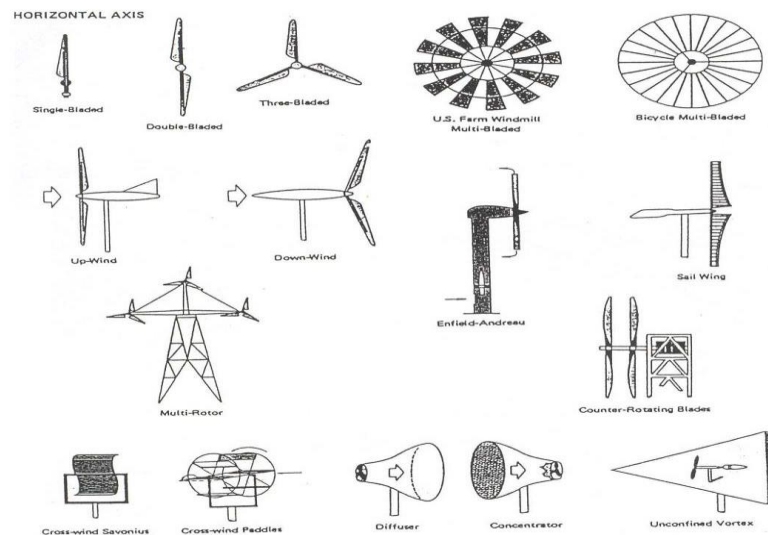
2. 4 Teknologi Turbin Angin

Turbin angin dibagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan arah sumbu:

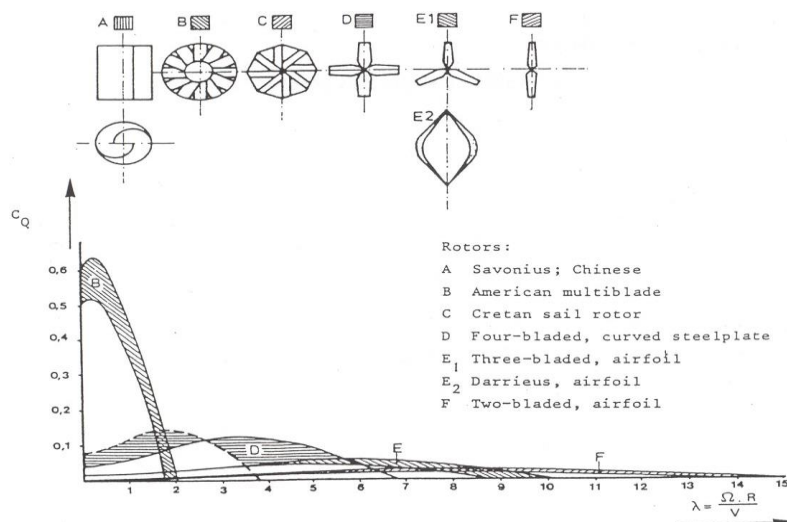
1. **Horizontal.** Turbin angin dengan sumbu horizontal mempunyai sudu yang berputar dalam bidang vertikal seperti halnya propeler pesawat terbang. Turbin angin biasanya mempunyai sudu dengan bentuk irisan melintang khusus di mana aliran udara pada salah satu sisinya dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara di sisi yang lain ketika angin melewatinya. Fenomena ini menimbulkan daerah tekanan rendah pada belakang sudu dan daerah tekanan tinggi di depan sudu. Perbedaan tekanan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar.
2. **Vertikal.** Turbin angin dengan sumbu vertikal bekerja dengan prinsip yang sama seperti halnya kelompok horizontal. Namun, sudunya berputar dalam bidang yang paralel dengan tanah, seperti *mixer* kocokan telur.

Setiap jenis turbin angin memiliki ukuran dan efisiensi yang berbeda. Untuk memilih jenis turbin angin yang tepat untuk suatu kegunaan diperlukan tidak hanya sekedar pengetahuan tetapi juga pengalaman.

Pada umumnya turbin angin yang mempunyai jumlah sudu banyak (soliditas tinggi) akan mempunyai torsi yang besar. Turbin angin jenis ini banyak digunakan untuk keperluan mekanikal seperti pemompaan air, pengolahan hasil pertanian dan aerasi tambak. Sedangkan turbin angin dengan jumlah sudu sedikit, misalnya dua atau tiga, digunakan untuk keperluan pembangkitan listrik. Turbin angin jenis ini mempunyai torsi rendah tetapi putaran rotor yang tinggi.



Gambar 1.4 Berbagai jenis turbin angin (www.energy.iastate.edu)



Gambar 2.5 Torsi rotor untuk berbagai jenis turbin angin (Tong, 1997).

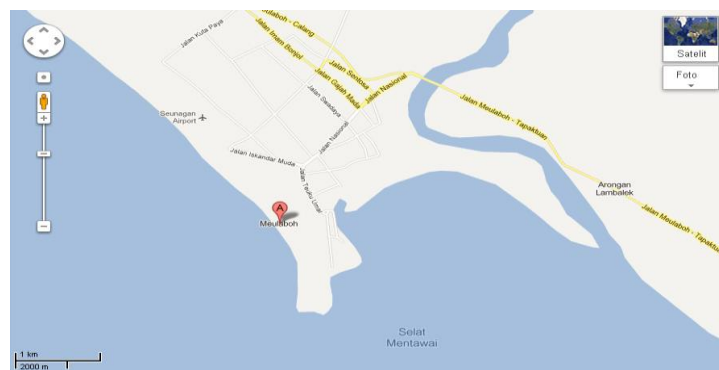
Jika dikaitkan dengan sumber daya angin, turbin angin dengan jumlah sudu banyak lebih cocok digunakan pada daerah dengan potensi energi angin yang rendah karena *rated wind speed*-nya tercapai pada putaran rotor dan kecepatan angin yang tidak terlalu tinggi. Sedangkan turbin angin dengan sudu sedikit (untuk pembangkitan listrik) tidak akan beroperasi secara efisien pada daerah dengan kecepatan angin rata-rata kurang dari 4 m/s.

Dengan demikian daerah-daerah dengan potensi energi angin rendah, yaitu kecepatan angin rata-rata kurang dari 4 m/s, lebih cocok untuk dikembangkan turbin angin keperluan mekanikal. Jenis turbin angin yang cocok untuk keperluan ini antara lain *american tipe multi blade*, *cretan sail* dan *savonius*.

2. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian direncanakan dengan mengambil data sekunder dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Meulaboh tentang kondisi angin di wilayah meulaboh dan sekitarnya untuk jangka waktu satu tahun yaitu data untuk bulan Oktober 2011 sampai dengan Oktober 2012.

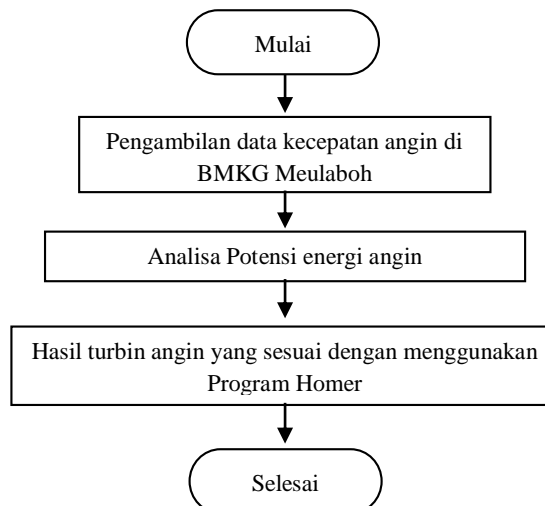


Gambar 3.1. Peta lokasi kota meulaboh

3.2 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran potensi angin kemudian dilakukan pengolahan / analisis kecepatan angin untuk mendapatkan pemodelan turbin angin yang sesuai dengan kondisi angin yang ada dengan menggunakan perangkat lunak HOMER.

3.3 Diagram Alir Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gilman, P., Lambert, T (2005). Perangkat lunak HOMER adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk optimasi model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik atau pun tidak. Perangkat lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi ini untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya instalasi dan sistem operasi selama masa proyek. Sistem perhitungan biaya seperti biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, dan bunga. Perangkat lunak ini bekerja berdasarkan tiga langkah utama, yaitu simulasi, optimasi dan analisis sensitifitas.

- **Simulasi**

Perangkat lunak ini akan mensimulasikan pengoperasian sistem pembangkit listrik tenaga hibrida dengan membuat perhitungan keseimbangan energi selama 8.760 jam dalam satu tahun. Untuk setiap jam, HOMER membandingkan kebutuhan listrik ke sistem energi yang dapat memasok dalam jam tersebut, dan menghitung energi yang mengalir dari dan ke setiap komponen dari sistem. Untuk sistem yang mencakup baterai atau bahan bakar, *powered generator*, HOMER juga memutuskan jam operasi *generator*, apakah akan dikenakan biaya atau mengosongkan baterai.

- **Optimasi**

Setelah disimulasi, tahapan selanjutnya adalah mengoptimasi semua kemungkinan sistem konfigurasi kemudian diurutkan berdasarkan Nilai Sekarang Bersih (*Net Present Value*) yang dapat digunakan untuk membandingkan sistem desain pilihan.

- **Analisis Sensitivitas**

Ketika variabel sensitivitas ditambahkan, HOMER mengulangi proses optimasi untuk setiap sensitivitas variabel yang menentukan. Misalnya, jika ditetapkan kecepatan angin sebagai sensitivitas variabel, HOMER akan mensimulasikan sistem konfigurasi untuk berbagai kecepatan angin yang telah ditetapkan.

Kelebihan perangkat lunak ini adalah penggunaannya mudah, bisa mensimulasi, mengoptimasi suatu model kemudian secara otomatis bisa menemukan konfigurasi sistem optimum yang bisa mensuplai beban dengan biaya sekarang terendah (NPC), dan bisa menggunakan parameter sensitifitas untuk hasil yang lebih bagus.

Sedangkan kelemahannya adalah perangkat lunak ini keluaran utamanya berupa parameter ekonomi (NPC, COE) bukan model sistem yang terperinci, dan beberapa teknologi energi terbarukan masih belum bisa disimulasikan dengan perangkat lunak ini.

4. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penulisan diatas, maka dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Penggunaan bahan bakar yang berasal dari fosil ini telah menimbulkan banyak masalah seperti masalah yang berhubungan dengan lingkungan, kesehatan dan ekonomi.
2. Aceh barat terletak dikawasan pantai barat aceh dan berbatasan langsung dengan lautan hindia. Menurut data dari BMKG Meulaboh kecepatan angin rata-rata diwilayah meulaboh dan sekitarnya pada tahun 2011 adalah sebesar 9 m/s.
3. Turbin angin dibagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan arah sumbu, yaitu Turbin Angin Sumbu Horizontal (HAWT) dan Turbin Angin Sumbu Vertikal (VAWT)

4. Perangkat lunak HOMER adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk optimasi model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*).
5. Perangkat lunak HOMER ini digunakan untuk evaluasi desain sistem pembangkit listrik pada berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik atau pun tidak.

5.5 Saran

Berdasarkan penulisan ini, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Diharapkan pada penelitian-penelitian selanjutnya dapat dibandingkan berbagai macam turbin angin sehingga dihasilkan efisiensi yang terbaik dengan menggunakan data angin yang sama.
2. Dapat dilakukan implementasi terhadap hasil penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. A.W. Culp, (1991). *Principles of Energy Conversion*, 2nd Edition (McGraw Hill International Edition, New York)
2. David, A. Spera, (1994). *Wind Turbine Technology, fundamental concepts of wind turbine engineering*. ASME Press.
3. Gilman, P., Lambert, T. (2005). *Homer the micropower optimization model software started guide*. National Renewable Energy Laboratory of United States Government.
4. Soeripno MS, Malik Ibrochim, (2009). *Analisa Potensi Energi Angin dan Estimasi Energi Output Turbin Angin Di Lebak Banten*. Jurnal Teknologi dirgantara Vol. 7 No. 1 Juni 2009 51-59.
5. Y. Daryanto, (2007). *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG- UPT-LAGG Yogyakarta.