

## Evaluasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Kecepatan Rendah Sebagai Penggerak Refrigerator Es 300 Kg/Hari Untuk Nelayan

Adi Saputra Ismy<sup>1</sup>, Ahmad Syuhada<sup>2</sup> dan Hamdani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Magister Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala, (23111) Banda Aceh,

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, (23111) Indonesia  
Jln. Syech Abdul Rauf No.7 Banda Aceh

### Abstract

Generally, the fishermen in the fishing village of Lancang only 20 trips/month of the year. The average total amount of ice required for the first type of fishing boat is 300 kg ice/day and 150 kg of ice/day for both types of fishing vessels. So, based on the total number of observations of ice demand data is 9000 kg/month (300 kg ice/day). One solution that can be taken is the utilization of wind energy resources owned by the village to generate electrical energy as the driving engine refrigerator. Methods of research conducted in three phases, the first stage is filled with wind potential measurement, processing and analysis of wind speed data. In the second stage of the development of modeling performed to evaluate the performance of Genesis turbines based on the data load and wind potential. The third stage is filled with measurements of 10 KW wind turbine performance and then made comparisons with modeling results. From the analysis of wind speed data obtained from the measurement results obtained by the average wind speed reaches the village of Lancang 3-5 m/s at a height of 15 m above sea level. Based on analytical results obtained using the software Homer wind turbine energy production is 7.474 kWh/year and the results of measurements of overall performance of the turbine can be concluded that wind turbines are the object of study is only able to deliver an average power 3-7 KW.

**Keywords:** wind turbine, low speed, power plant, refrigerator.

### I. Pendahuluan

Kebijakan Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya terhadap sektor perikanan adalah mengupayakan peningkatan pemanfaatan sumberdaya kelautan dan perikanan melalui peningkatan industri perikanan tangkap, budidaya, industri pengolahan dan industri kelautan yang bertumpu pada IPTEK dengan memperhatikan kelestariannya sebagai salah satu tulang punggung pembangunan ekonomi Kabupaten Pidie Jaya yang berkelanjutan.

Upaya-upaya untuk mendorong tumbuhnya sektor perikanan, baik perikanan tangkap maupun budidaya terus digalakkan. Pemerintah sadar, dengan berkembangnya sektor perikanan, akan membawa dampak terusan yang sangat positif terhadap pertumbuhan perekonomian kabupaten Pidie Jaya secara keseluruhan.

Berdasarkan Pidie Jaya Dalam Angka 2010 (BPS Pidie Jaya 2010), pada tahun 2010 produksi perikanan laut dan darat di Kabupaten Pidie Jaya masing-masing 4.622 ton 1.362 ton. Produksi perikanan laut terbesar dihasilkan oleh nelayan Kecamatan Meurah Dua sebanyak 1.748 ton dan Kecamatan Bandar Baru sebanyak 960 ton, sedangkan produksi perikanan darat terbesar diproduksi dari Kecamatan Bandar Baru yaitu 595 ton.

Produksi ikan laut Kecamatan Bandar Baru diantaranya dihasilkan oleh kelompok nelayan Desa Lancang Paru, yang beranggotakan adalah 50 orang nelayan perikanan laut. Salah satu kendala yang dihadapi kelompok nelayan dalam meningkatkan produksinya adalah ketersediaan es sebagai pendukung pengawetan ikan. Pada saat ini, nelayan menggunakan es hasil produksi rumah tangga, dan itu juga tidak terjamin karena pasokan listrik PLN yang tidak optimal. Disisi lain desa tersebut memiliki potensi energi angin yang sangat baik karena letaknya 500 dari bibir pantai.

Pada tahun 1993, National Renewable Energy Laboratory NREL USA Holz, R.G et all. (1998), telah melakukan kajian pemanfaatan PLT Angin untuk penggerak mesin pembuat es. Tujuan utama penelitian tersebut adalah melakukan kaji unjuk kerja turbin jika listrik keluran generator turbin angin dihubungkan langsung dengan kompresor mesin pembuat es. Dari hasil kajian disimpulkan konsep pemanfaatan energi angin untuk penggerak mesin pembuat es secara teknis dan ekonomi sangat layak untuk dikembangkan. Dari hasil pengujian turbin angin daya 12 kW untuk menggerak mesin pembuat es, disimpulkan pada kecepatan angin rata-rata 5-6 m/s akan mampu memproduksi 10 – 20 kg es/jam.

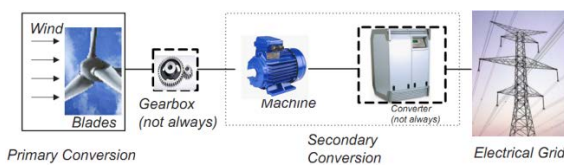
Dengan tujuan peningkatan pendapatan kelompok nelayan dan ketersediaan sumber daya

energi angin. Pada tahun 2011 kelompok nelayan Desa Lancang Paru bekerjasama dengan Universitas Syiah Kuala telah melakukan pembangunan pembangkit listrik tenaga angin (PLT Angin) daya 10 KW untuk penyediaan energi listrik pada unit pengolahan ikan skala kecil. Unit pengolahan ikan tersebut terdiri dari unit pengering ikan, unit pembuat es (refrigerator), unit penyimpanan ikan (*cold storage*), dan unit pendukung lainnya.

Unjuk kerja PLT Angin sangat ditentukan oleh ketersediaan energi angin dan beban yang harus dilayani oleh turbin. Untuk itu monitoring dan evaluasi unjuk kerja turbin menjadi bagian penting dalam menjamin operasional dari turbin.

Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi unjuk kerja PLT Angin 10 kW untuk penggerak mesin refrigerator 300 kg es/hari. Tahapan evaluasi dimulai dengan pemodelan analisis produksi energi listrik oleh PLT Angin 10 KW berdasarkan sumberdaya angin, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran unjuk kinerja turbin, dan akhirnya akan dilakukan perbandingan hasil pemodelan dengan hasil pengukuran. Keluaran yang diharap dari penelitian ini adalah prosedur pengukuran unjuk kerja turbin dan model yang dapat digunakan untuk monitoring dan evaluasi kinerja turbin.

S. Masoud Barakati (2008), Energi angin dapat dikonversi 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). Sebuah sistem konversi energi angin terdiri dari blades, generator listrik, sebuah konverter daya elektronik, dan sistem kontrol, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar. 1 Diagram SKEA

Besarnya energi kinetik angin yang transfer ke rotor tergantung pada luar area rotor, kecepatan angin dan kerapatan udara, yang bervariasi dengan ketinggian. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya energi angin adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \tag{1}$$

dimana P adalah daya angin (watt),  $\rho$  adalah densitas udara, A adalah luas daerah yang menyapu turbin angin (luas area rotor), dan V adalah kecepatan angin.

Besarnya daya angin yang dapat dibangkitkan secara aktual dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis

rotor yang digunakan, airfoil sudu, kerugian gesekan, dan kerugian dalam peralatan lain yang terhubung ke generator. Dengan demikian, daya yang tersedia dapat ditentukan dari :

$$P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \tag{2}$$

di mana  $C_p$  adalah faktor kapasitas dari turbin angin. Hal ini juga memperlihatkan bahwa turbin angin hanya akan beroperasi pada efisiensi maksimum pada sebagian kecil dari waktu yang berjalan, karena variasi kecepatan angin.

Soeripno MS, Malik Ibrochim, (2009). Metode statistik yang banyak digunakan untuk menganalisa potensi kecepatan angin adalah metode fungsi distribusi Weibull dan Rayleigh.

Shamshad Ahmad, et all, (2009). Angin sebagai sumber energi yang sangat bervariasi. Untuk memprediksi energi *out put* dari sistem konversi energi angin (SKEA), telah banyak ditemukan model statistik yang cocok untuk distribusi frekuensi kecepatan angin dalam beberapa tahun terakhir. Parameter Weibull telah dihitung dengan menggunakan metode maksimum *likelihood*, metode maksimum *likelihood* dimodifikasi dengan metode grafis. Root mean errors persegi (RMSE) untuk distribusi Weibull pas dan distribusi frekuensi yang sebenarnya telah digunakan untuk menentukan distribusi kecepatan angin terbaik

Tulisan ini akan memberikan penjelasan lengkap hasil analisis evaluasi pemanfaatan potensi energi angin sebagai pembangkit listrik untuk menggerakkan mesin refrigerator es di Desa Lancang Kecamatan Paru. Analisis yang dilakukan untuk mengkaji optimalisasi pemanfaatan energi angin.

## 2. Metode

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi pemanfaatan energi angin untuk pembangkit listrik di Desa Lancang Kecamatan Paru Pidie Jaya Provinsi Aceh. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini dilaksanakan dalam 3 tahapan. Tahap pertama diisi dengan pengukuran potensi angin dan pengolahan dan analisis data kecepatan angin. Pada tahap kedua dilakukan pengembangan pemodelan untuk memprediksi unjuk kerja turbin berdasarkan beban dan data potensi angin. Tahap ketiga diisi dengan pengukuran kinerja turbin angin 10 KW dan kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil pemodelan.

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### Hasil Pengukuran Kecepatan Angin

Pengukuran kecepatan angin, diukur pada ketinggian 15 m, tiap bulan ditunjukkan dalam

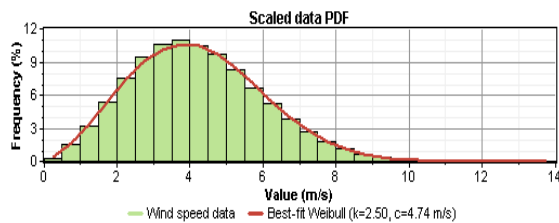
bentuk kecepatan angin rata-rata bulanan seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Kecepatan angin rata – rata setelah dikoreksi

Bulan	Kecepatan angin rata-rata (m/s)
Januari	4,177
Februari	3,478
Maret	3,427
April	3,173
Mei	4,499
Juni	5,152
Juli	4,712
Agustus	4,069
September	4,242
Oktober	4,534
November	4,419
Desember	4,501

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa rata-rata kecepatan angin pada lokasi penempatan turbin angin tergolong dalam kecepatan angin rendah dengan kisaran 3 – 5 m/s. Untuk itu perlu dilakukan pemilihan turbin yang mampu bekerja optimal pada pada kisaran kecepatan angin tersebut. Turbin angin yang menjadi objek penelitian ini memiliki *cut in speed* (kecepatan mulai) pada 3 m/s.

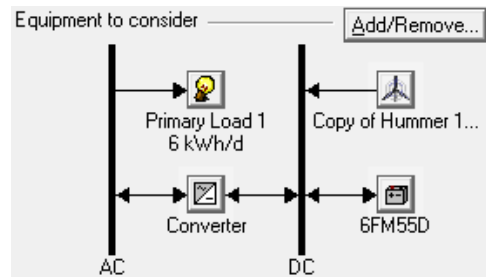
Dari distribusi kecepatan angin berdasarkan distribusi Weibull diberikan dalam Gambar 2. Kecepatan angin 3-5 m/s memiliki frekuensi terbesar untuk terjadi yaitu 11,5%. Dan dari grafik frekuensi kumulatif diperoleh kecepatan angin 3 m/s kemungkinan dapat terjadi dengan frekuensi diatas 10 %, maka dapat disimpulkan turbin angin dengan *cut in speed* 3 m/s layak untuk dipasang di desa Lancang kabupaten Pidie Jaya.



Gambar 2 Distribusi Kecepatan angin berdasarkan distribusi Weibull

Hasil Pemodelan Unjuk Kerja PLT Angin

Kemampuan turbin dapat dievaluasi dengan menggunakan perangkat lunak HOMER. Model PLT Angin yang akan disimulasi dan dioptimasi terdiri dari turbin angin, converter dan baterai. Model PLT Angin yang akan disimulasi dan dioptimasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Model PLT Angin

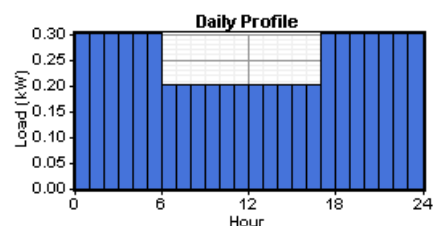
Gambar 3 menunjukkan kotak-terhubung sistem energi terbarukan. Sumber energi terbarukan menghasilkan listrik DC, yang diubah menjadi 240V AC dengan *converter*. listrik AC digunakan oleh peralatan listrik atau beban permintaan. Jika ada kelebihan listrik yang dihasilkan, converter akan menyuplai ke baterai. Sebaliknya, jika beban lebih besar dari apa yang diberikan oleh sumber energi, grid otomatis memasok permintaan beban dari baterai melalui converter.

Kebutuhan Energi Listrik

Pembuatan es dilakukan dengan menggunakan mesin refrigerasi es. Jumlah kapasitas panas ditentukan oleh energi yang dibutuhkan untuk air dingin dari temperatur awal ke temperatur = 0°C, kemudian didinginkan ke temperatur es  $T_i = -5^\circ\text{C}$ , yang dapat ditulis dalam bentuk persamaan 1 berikut.

$$E = m \times (C_{p-water} \times (T_a - T_o) + h + C_{p-ice} \times (T_o - T_i)) \tag{1}$$

Berdasarkan persamaan 1, untuk menghasilkan 300 kg/hari es dengan suhu awal ( $T_i$ ) 28°C membutuhkan jumlah total daya 1.636 kW. Namun, ada banyak faktor yang mempengaruhi proses pembuatan es seperti beban panas, isolasi tidak mencukupi, bahan penggunaan panas atau perangkat perpindahan dingin, udara bertiup dan pintu pada pembuatan es ulang dan air isi ulang. Umumnya, pembuatan es di Indonesia menambahkan beban 30% dari kapasitas produksi mereka dari perhitungan untuk menangani beban tambahan. Jumlah kapasitas daya 1.636 kW x 1,3 = 2,127 kW. Simulasi penggunaan listrik per hari dapat dilihat pada Gambar 4 berikut, dimana pemakaian beban terbesar terjadi pada jam 00.00 – 06.00 WIB dan 18.00- 24.00 WIB



Gambar 4 Penggunaan listrik per hari

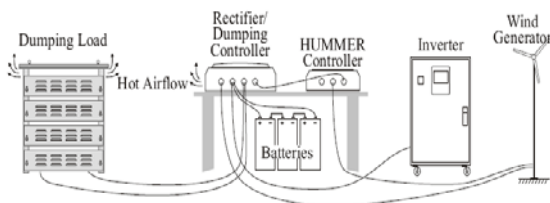
Pemilihan Turbin Angin

Oleh karena itu berdasarkan hasil analisa potensi angin diatas, turbin angin kapasistas 10 kw sudah tepat dipilih untuk tujuan ini dapat dilihat pada pada Gambar 5.



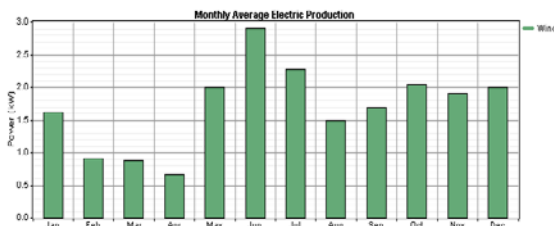
Gambar 5 Turbin Angin 10 KW

Turbin angin 10 kW secara langsung didorong oleh baling-baling tanpa peralatan tambahan lainnya. Keseluruhan sistem pembangkit terdiri dari enam bagian utama yang terdiri dari generator (baling-baling, gearbox, arah-mengatur DC Motor dan dogvane), yaw shaft, tower, controller, inverter dan sistem penyimpanan energi seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Instalasi turbin angin HUMMER10KW

Beban puncak pemakaian listrik sebagai penggerak mesin refrigerator diperkirakan akan terjadi pukul 18.00 sore hari sampai pukul 6.00 pagi, dan pada siang pemakaian listrik hanya 20 % dari beban maksimum. Maka pemakaian listrik rata-rata pertahun adalah 7,474 kWh/tahun. Produksi daya bulanan yang mampu diberikan oleh turbin angin di tunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7 Produksi listrik turbin angin

Dari gambar terlihat bahwa daya maksimum hanya tercapai pada bulan Mei, Juni, juli dan Oktober.

Total energy

Produksi energi kotor adalah energi tahunan yang dihasilkan oleh fasilitas energi, mengingat kerugian, kecepatan angin, tekanan udara dan suhu di wilayah tersebut. Evaluasi produksi energi sistem turbin angin kecil dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER. Hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2 Produksi energi sistim turbin angin

Produksi	KWH/Th	%
Turbin angin	7.474	100
Total	7.474	100

Tabel 3 Pemakaian energi sistim turbin angin

Pemakaian	KWH/Yr	%
AC primary load	1.924	100
Total	1.924	100

Produksi energy turbin angin 10 KW

Perangkat lunak HOMER menghitung produksi energi dari turbin angin (angin) pada suhu normal dan tekanan atmosfer. Perhitungan ini didasarkan pada kurva produksi energi dari turbin dipilih (database) dan kecepatan angin rata-rata pada ketinggian hub di lokasi tertentu. Produksi energi dari turbin dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

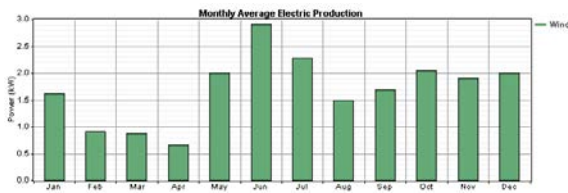
Tabel 4 Produksi energi turbin angin 10 KW

Kuantitas	Nilai	Units
Nilai kapasitas total	10.0	KW
Output	0.9	KW
Faktor kapasitas	8.53	%
Produksi total	7,474	KWH/Yr

Tabel 5 Data Produksi Turbin Angin 10 KW

Kuantitas	Nilai	Units
Output minimum	0.0	KW
Output maksimum	10.1	KW
Penetrasi angin	338	%
Jam operasi	7,247	Hr/Yr

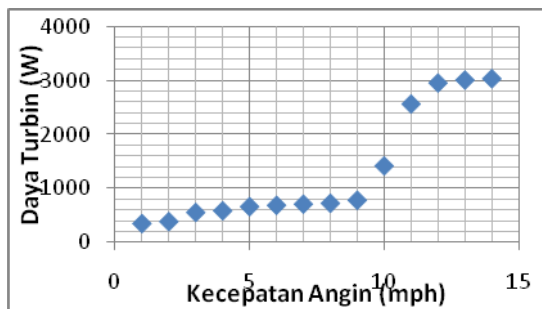
Pada Gambar 8 dapat dilihat prediksi produksi energi turbin angin HUMMER 10 KW dimana produksi energi angin terbesar terjadi pada bulan Juni dan terkecil pada bulan April. Berdasarkan Tabel 4.4 dan Tabel 4.7 produksi energi turbin angin adalah 7,474 kWh/tahun, ini adalah produksi yang baik mengingat turbin bekerja 7.402 jam/tahun.



Gambar 8 Prediksi produksi energi turbin HUMMER 10 KW

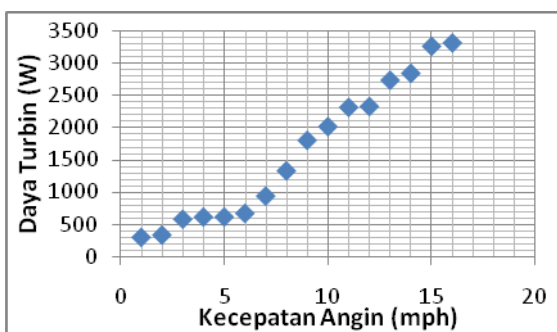
Hasil Pengukuran Unjuk Kerja Turbin angin 10 KW

Pengukuran kinerja turbin dilakukan selama 3 hari pada saat kecepatan angin diatas 3 m/s. Pengukuran dilakukan pada tanggal 7 Januari 2012, tanggal 8 Januari 2012 dan 5 Juni 2012. Parameter utama yang menjadi pengamatan selama pengujian adalah kecepatan angin dan daya yang dihasilkan. Gambar 9 memperlihatkan hubungan kecepatan angin dan daya yang dihasilkan berdasarkan pada data pengamatan yang dilakukan pada tanggal 7 Januari 2012, dimana dapat dilihat bahwa kecepatan angin maksimum yang berada pada 13,6 mph dapat menghasilkan daya sebesar 3038 watt.



Gambar 9 Unjuk kerja turbin angin 10 KW

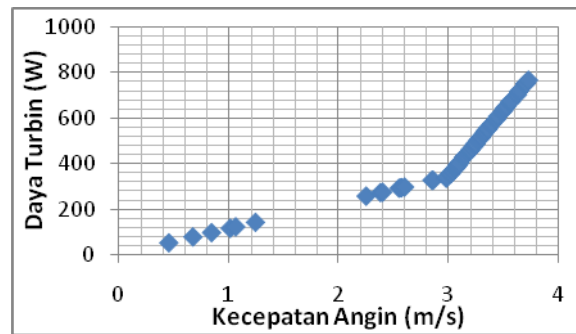
Gambar 10 memperlihatkan hubungan kecepatan angin dan daya yang dihasilkan berdasarkan pada data pengamatan yang dilakukan pada tanggal 8 Januari 2012, dimana dapat dilihat bahwa kecepatan angin maksimum yang berada pada 14 mph dapat menghasilkan daya sebesar 3313 watt.



Gambar 10 Unjuk kerja turbin angin 10 KW

Gambar 11 memberikan informasi tentang daya listrik genertor yang dapat dibangkitkan pada

kecepatan angin yang terjadi saat pengujian dilakukan pada tanggal 5 Juni 2012. Dari gambar terlihat bahwa pada saat pengujian dilakukan kecepatan angin maksimum yang terjadi hanya sampai pada 3.7 m/s dan daya maksimum keluaran generator 0,752 kW. Sedangkan untuk data pengujian yang dilakukan pada hari lainnya dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 11 Unjuk kerja turbin angin 10 KW

**4. Kesimpulan**

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengukuran potensi energi angin di Desa Lancang sudah layak untuk dipasang pembangkit listrik tenaga angin.

1. Potensi energi angin; kecepatan angin rata-rata pada lokasi penempatan turbin angin tergolong dalam kecepatan angin rendah dengan kisaran 3 – 5 m/s. Untuk itu dilakukan pemilihan turbin yang mampu bekerja optimal pada pada kisaran kecepatan angin tersebut. Turbin angin yang menjadi objek penelitian ini memiliki *cut in speed* (kecepatan mulai) pada 3 m/s.
2. Prediksi kemampuan turbin sebagai sistem pembangkit listrik tenaga angin menggunakan software Homer; Prediksi produksi energi turbin angin adalah 7,474 kWh/tahun.
3. Hasil pengukuran unjuk kerja turbin angin 10 KW; kecepatan angin maksimum yang terjadi hanya sampai pada 3,7 m/s dan daya maksimum keluaran generator 0,752 kW

**Daftar Pustaka**

1. A.W. Culp, 1991, *Principles of Energy Conversion*, 2nd Edition, McGraw Hill International Edition, NewYork.
2. David, A. Spera, 1994, *Wind Turbine Technology, fundamental concepts of wind turbine engineering*, ASME Press.
3. J.F. Manwell, J.G. McGowan and A.L. Rogers, 2002, *Wind Energy Explained Theory, Design and Application*, JohnWiley & Sons, Inc., Ho, New Jersey.

4. G. M. Masters, 2004, *Renewable and Efficient Electrical Power Systems*, JohnWiley & Sons, Inc., Ho, New Jersey.
5. Gilman, P., Lambert, T., 2005, *Homer the micropower optimization model software started guide*, National Renewable Energy Laboratory of United States Government.
6. Holz, R.G et al V., 1998, *Wind-Electric Ice Making Investigation*, National Renewable Energy (NREL), Golden, Colorado, May.
7. S. Masoud Barakati, Fang Yao, Ramesh C. Bansal, Zhao Yang Dong, Ram K. Saket, Jitendra S. Shakya. Andrea Junyent, Ferre, Oriol Gomis, Bellmunt, 2010, *Handbook Of renewable Energy Technology*, World Scientific Publising Co. Pte. Ltd.
8. Anhui Hummer Dynamo, Co, LTD. 2010, *Manual 10 kW Hummer wind turbine*, Anhui Province, China.
9. Homer Energy. Available at **HOMER ENERGY**. info @ homerenergy. com. 2334 Broadway, Suite B, Boulder, CO 80304, USA.