

# RANCANG BANGUN TURBIN SAVONIUS UNTUK PENERANGAN LAMPU PANTAI

Musrady Mulyadi, Marhatang

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat serta menguji turbin tipe savonius –VAWT dengan bahan sudu turbin dari drum plastik untuk menghasilkan listrik. Rancang bangun turbin angin ini menggunakan metode perancangan dan penentuan dimensi turbin angin berdasarkan penentuan *Rotor Power Coeficient (Cpr)*, *Tip Speed Ratio (TSR)* dan *Rotor Torque Coeficient (Cq)*, kemudian dilakukan perakitan, dan pengujian turbin angin. Pada pengujiannya digunakan pada kondisi berbeban di kota Makassar di Kecamatan Tamalate, Kelurahan Tanjung Merdeka dengan memanfaatkan angin pantai. Hasil Penelitian Turbin Angin savonius tipe VAWT dengan konstruksi tinggi blade 90 cm dan diameter 82,5 cm yang bisa berputar pada kecepatan angin minimal 0,6 m/s. Hubungan kecepatan angin terhadap arus generator, semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula arus yang di dapat dengan arus minimum 0,01A dan arus maksimum yaitu 0,146A. Putaran poros turbin maksimum 91,1 Rpm diperoleh pada kecepatan angin 5,5 m/s, sedangkan kecepatan angin 0.6 m/s putaran minimum poros turbin 15 rpm. Dari grafik hubungan antara *tip speed rasio* dan koefisien daya, bahwa koefisien daya bergantung pada perbandingan ujung sudu, dan ditandai dengan kurva Cp berbanding dengan kecepatan ujung sudu-tip speed rasio curve.

**Kata kunci:** turbin angin, turbin savonius, kecepatan angin.

## I. PENDAHULUAN

Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/s. Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa.

Pada tahun 2009, kapasitas terpasang dalam sistem konversi angin di seluruh Indonesia mencapai 1,4 MW yang tersebar di Pulau Selayar (Sulawesi Selatan), Nusa Penida (Bali), Yogyakarta, dan Bangka Belitung. Melihat potensi wilayah pantai cukup luas, pemanfaatan tenaga angin sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia sangat mungkin untuk dikembangkan lebih lanjut (Eko S. Baruna, Pusat data dan Informasi ESDM).

Turbin angin tipe *savonius* adalah salah satu macam turbin angin yang ditemukan sebagai pemanfaatan energi angin yang bekerja dengan memanfaatkan kecepatan angin. Bentuk sudu dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan gaya dorong yang akan memutar rotor. Besarnya putaran rotor yang dihasilkan berbanding lurus dengan besarnya kecepatan angin. Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini dilakukan dalam bentuk rancang bangun yang dititik beratkan

pada, perancangan dan pembuatan turbin angin tipe savonius-VAWT dari bahan drum plastik, yang mampu menghasilkan listrik untuk penerangan pantai. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat serta menguji turbin tipe savonius –VAWT dengan bahan sudu turbin dari drum plastik untuk menghasilkan listrik.

### Tinjauan Pustaka

*Wind shear* adalah perubahan arah atau kecepatan angin saat melalui jarak tertentu. *Wind shear* dapat juga terjadi secara vertikal. Perubahan kecepatan angin terhadap ketinggian, *horizontal wind shear* merupakan faktor utama dalam memperkirakan produksi energi melalui turbin angin. Telah dilakukan pengukuran perubahan kecepatan angin terhadap ketinggian yang disebabkan perbedaan kondisi atmosfer.

Metode umum yang memperkirakan kecepatan angin untuk ketinggian yang lebih tinggi dengan mengetahui kecepatan angin pada ketinggian yang lebih rendah disebut *power law*. *Power law* untuk *wind shear* adalah:

$$u = u_0 \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana  $u_0$  = kecepatan angin yang telah diukur pada ketinggian tertentu,  $H_0$  = ketinggian pada kecepatan angin  $u_0$ , dan  $H$  = ketinggian.

Eksponen *wind shear*  $\alpha$ , berkisar 1/7 (0.14) untuk atmosfer dalam kondisi stabil. Bagaimanapun nilai  $\alpha$  berubah – ubah tergantung pada daerah dan kondisi atmosfer. Perubahan kecepatan angin terhadap ketinggian dapat diperkirakan dengan catatan nilai  $\alpha = 0,14$ . 10 m merupakan standard ketinggian dunia untuk pengukuran kondisi cuaca, sehingga menggunakan data ketinggian 10 m dan eksponen *wind shear* 0,14 untuk memperkirakan potensi daya angin untuk sampai pada ketinggian 50 m untuk beberapa daerah lokasi yang diperkirakan daerah tersebut lading angin (*wind farm*).

Berdasarkan prinsip aerodinamis, rotor turbin ini memanfaatkan gaya hambat (*drag*) saat mengekstrak energi angin dari aliran angin yang melalui sudu turbin. Koefisien hambat permukaan cekung lebih besar daripada permukaan cembung. Oleh sebab itu, sisi permukaan cekung setengah silinder yang dilalui angin akan memberikan gaya hambat yang lebih besar daripada sisi lain sehingga rotor berputar.

Sistem konversi energi angin merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengubah energi potensial angin menjadi energi mekanik poros oleh rotor untuk kemudian diubah lagi oleh alternator menjadi energi listrik.. Besarnya energi yang dapat ditransferkan ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area dan kecepatan angin. Hal ini selanjutnya akan dibahas melalui persamaan-persamaan.

Energi kinetik untuk suatu massa angin  $m$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  yang nantinya akan diubah menjadi energi poros dapat dirumuskan sebagai berikut (Hau, 2005) :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \text{ (Nm)} \quad (2)$$

$m$  : massa udara yang bergerak (kg),  $v$  : kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik yang terkandung dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor. Dengan menganggap suatu penampang melintang A, dimana udara dengan kecepatan  $v$  mengalami pemindahan volume untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran volume  $V$  sebagai persamaan:

$$V = vA \quad (3)$$

$V$  : laju volume ( $m^3/s$ ),  $v$  : kecepatan angin (m/s)

$A$  : luas area sapuan rotor ( $m^2$ )

Sedangkan aliran massa dengan kecepatan udara  $\rho$  sebagai :

$$m = \rho Av \quad (4)$$

Persamaan-persamaan diatas menunjukkan energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang A sebagai energi  $P$  yang ditunjukkan dengan mensubstitusi persamaan (2.4) ke persamaan (2.2) menjadi:

$$P = \frac{1}{2} \rho Av^3 \quad (5)$$

$P$  : daya mekanik (W),  $v$  : kecepatan angin (m/s),

$\rho$  : densitas udara ( $\rho$  rata-rata :  $1,2 \text{ kg/m}^3$ )

Karena setiap jenis turbin angin mempunyai karakteristik aerodinamika yang unik, maka faktor daya sebagai fungsi dari TSR untuk setiap jenis turbin angin juga berbeda-beda. Dengan memasukkan faktor daya  $C_p$ , sebagaimana dijelaskan sebelumnya, gaya mekanik aktual yang dapat diperoleh dari energi kinetik pada angin

$$\text{menjadi: } P = C_p \frac{1}{2} \rho Av^3 \quad (6)$$

Parameter utama yang mempengaruhi  $C_p$  adalah: jumlah bilah sudu, panjang *chord* bilah sudu, karakteristik aerodinamis bilah sudu, NREL menambahkan kemampuan sebuah SKEA juga dibatasi oleh rugi-rugi pada generator dan sistem transmisi.

Menentukan *Rotor Power Coefficient* ( $C_{pr}$ )

*Rotor Power Coefficient*, koefisien daya akan dihitung dengan menggunakan teori *strip* untuk rasio kecepatan rotor tertentu. Ini memberikan koefisien daya rotor untuk kecepatan angin yang berbeda pada kecepatan rotor tetap atau untuk kecepatan rotor yang berbeda pada satu kecepatan angin kita gunakan persamaan

$$C_{pr} = \lambda C_q \quad (7)$$

Dan untuk menentukan torsi kita gunakan persamaan sebagai berikut :

$$T = \frac{v^2 \cdot r^2}{\lambda} \quad (8)$$

$T$  = Torsi (Nm),  $v$  = Kecepatan angin (m/s),  $r$  = Jari – jari (m)

*Tip speed ratio* (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe *lift* akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe *drag*. *Tip speed ratio* dihitung dengan persamaan:

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v} \quad (9)$$

Sistem transmisi *speed reducing* dan *speed increasing* memerlukan mekanisme pengubah putaran seperti pasangan sabuk-puli dan pasangan roda gigi dengan rasio putaran tertentu.

Medan magnet berputar menginduksi tegangan AC pada lilitan stator. Seringkali terdapat delapan buah lilitan stator. Medan magnet berputar dapat dihasilkan melalui induksi (pada alternator tanpa sikat), melalui magnet permanen (pada mesin yang berukuran kecil). Medan magnet berputar barangkali dapat dihasilkan pula melalui medan lilitan tetap dengan kutub yang berputar pada rotornya.. Mesin dengan magnet permanen mencegah kehilangan daya ketika arus mengalir pada rotor untuk menghasilkan medan magnet, akan tetapi penggunaan magnet tersebut terbatas pada ukuran, dan berdasarkan pada biaya material magnet.

Dioda Bridge adalah sebuah komponen elektronika semikonduktor yang berfungsi sebagai penyearah arus bolak-balik (AC).

## II. METODE PENELITIAN

Pengujian turbin savonius dilakukan di kota Makassar di Kecamatan Tamalate, Kelurahan Tanjung Merdeka.

Desain perancangan part menggunakan software drawing AutoCAD, penggambaran desain perancangan dimaksudkan untuk mengetahui gambaran turbin angin, pembuatan, perakitan, maupun pengujian. Selanjutnya pembuatan komponen turbin yang terdiri dari komponen sudu turbin, pemilihan *bearing house*, rangka dan dudukan turbin, dan pemilihan generator.

Dimensi dari turbin angin dapat dicari dengan mengasumsikan daya yang dihasilkan dengan kecepatan angin yang terjadi disekitar.

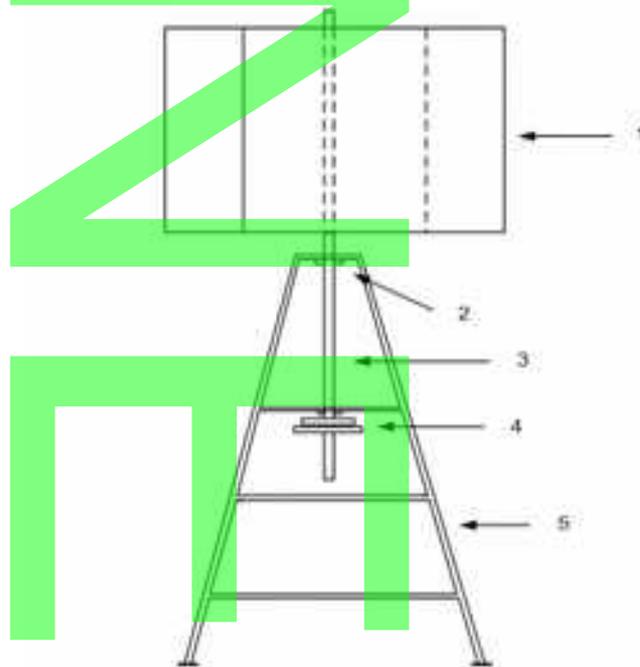
Menentukan Rotor Power Coefficient ( $C_{pr}$ )

*Rotor Power Coefficient*, koefisien daya akan dihitung dengan menggunakan teori *strip* untuk rasio kecepatan rotor tertentu. Ini memberikan koefisien daya rotor untuk kecepatan angin yang berbeda pada kecepatan rotor tetap atau untuk kecepatan rotor yang berbeda pada satu kecepatan angin.

*Tip speed ratio* (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor.

*Rotor Torque Coefficient* ( $C_q$ ) adalah torsi yang dihasilkan oleh rotor turbin yang digunakan untuk menghitung *Rotor Power Coefficient* ( $C_{pr}$ ). *Rotor Torque Coefficient* ( $C_q$ ).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN



1. Sudu Turbin (Blade)
  - a. Tinggi : 90 cm
  - b. Diameter : 82,5 cm
2. Bearing (Bantalan)
  - a. Diameter : 19,5 cm
3. Poros
  - a. Diameter : 1,95 cm
  - b. Panjang Poros : 200cm
4. Generator 3 fasa AC
5. Rangka Utama
  - a. Tinggi : 105 cm
  - b. Lebar : 100 cm

Gambar 1. Hasil Perancangan Turbin Angin Savonius Tipe VAWT

Hasil Perhitungn Turbin Angin

Menghitung Daya Angin

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 0,495 \text{ m}^2 \text{ (Luas penampang dari Panjang busur lengkungan blade x tinggi)}$$

$$v = 5,5 \text{ m/s}$$

$$P = 24,46 \text{ Watt}$$

Menghitung Tip Speed Ratio (TSR)

$$D = 0,825 \text{ m}$$

$$n = 91,1 \text{ rpm}$$

$$v = 5,5 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v}$$

$$\lambda = 0,72$$

Menghitung Torsi (Nm)

$$V = 5,5 \text{ m/s}$$

$$r = 0,275 \text{ (m)}$$

$$\lambda = 0,72$$

$$T = \frac{5,5^2 \cdot 0,275^3}{0,72} = 0,88 \text{ Nm}$$

Menghitung Rotor Power Coeficient ( $C_{pr}$ )

$$C_{pr} = \lambda C_q$$

$$C_q = 0,88$$

$$\lambda = 0,72$$

$$C_{pr} = \lambda C_q$$

$$C_{pr} = 0,72 \cdot 0,88$$

$$C_{pr} = 0,63$$

Menghitung Daya Turbin Angin

$$C_{pr} = 0,63$$

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 0,495 \text{ m}^2$$

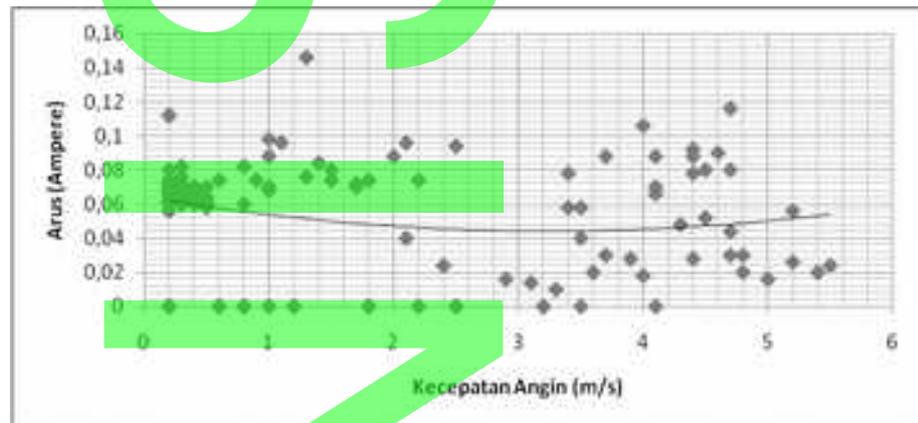
$$v = 5,5 \text{ m/s}$$

$$P = C_{pr} \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P = 0,63 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 0,495 \cdot 2,5 \cdot 5,5^3$$

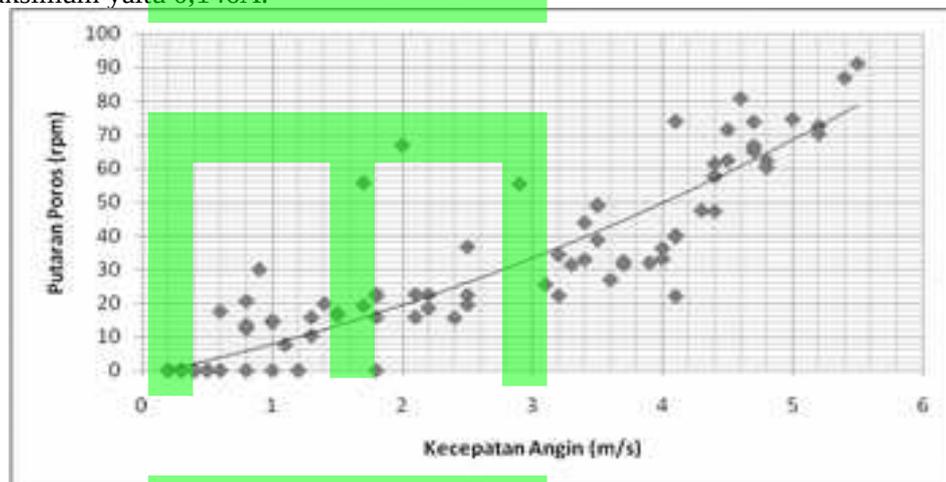
$$P = 15,39 \text{ Watt}$$

**A. Pembahasan**



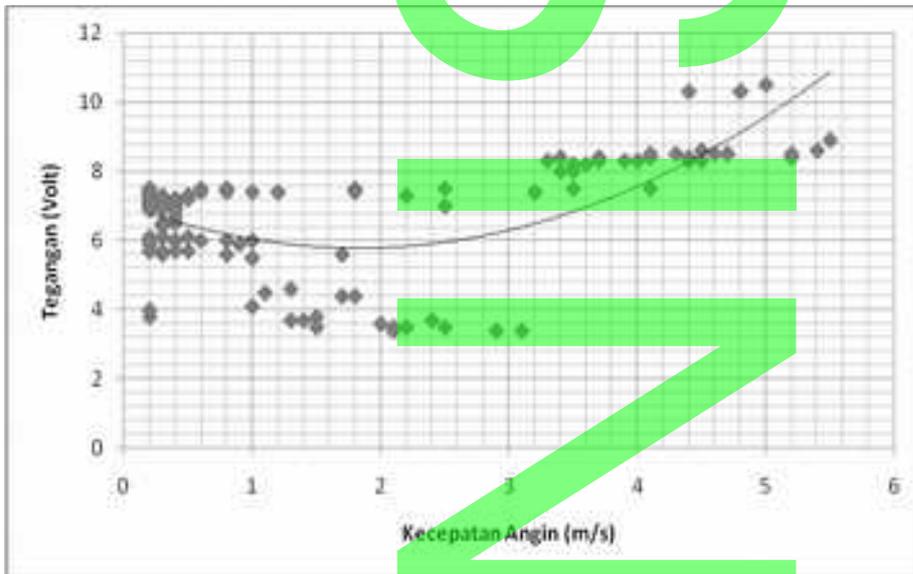
Gambar 2. Grafik Hubungan antara Kecepatan angin dan arus

Dari grafik diatas bahwa terlihat bahwa semakin besar kecepatan angin yang didapat maka semakin besar arus yang di dapat dan arus minimum yaitu 0,01A dan arus maksimum yaitu 0,146A.



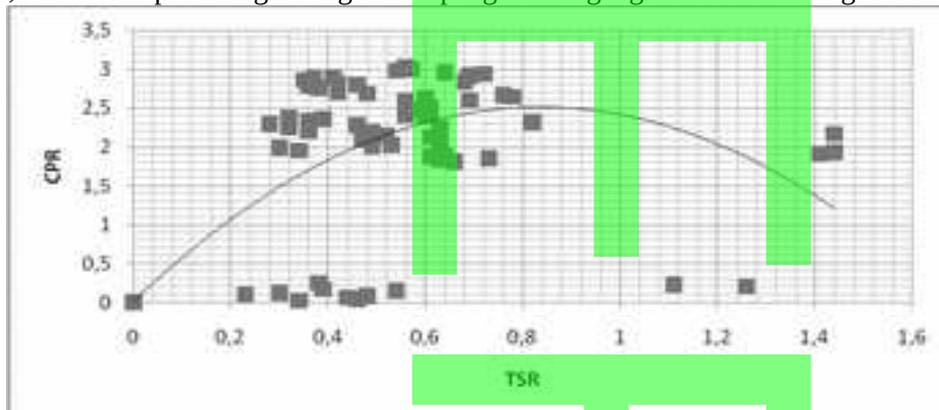
Gambar 3. Grafik Hubungan Kecepatan angin dan putaran poros

Dari grafik diatas bahwa pada putaran poros maksimum 91,1 Rpm dengan kecepatan angin 5,5 m/s dan kecepatan angin 0,2 m/s poros turbin tidak berputar, dan pada kecepatan angin 0.6 m/s putaran minimum poros turbin 15 rpm, dari grafik tersebut terlihat bahwa putaran poros sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kecepatan angin dan Tegangan

Dari grafik diatas tegangan maksimum 10,5 V dengan kecepatan angin 5 m/s, bahwa kecepatan angin sangat mempengaruhi tegangan keluaran dari generator.



Gambar 5. Grafik Hubungan CPR dan TSR

Dari grafik diatas bahwa tip speed ratio mempengaruhi besaran koefisien daya hubungan dapat dilihat dari grafik diatas, bahwa koefisien daya bergantung pada perbandingan ujung sudu, dan ditandai dengan kurva  $C_p$  berbanding dengan kecepatan ujung sudu-tip speed ratio curve.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Turbin Angin savonius tipe VAWT dengan tinggi blade 90 cm dan diameter 82,5 cm yang bisa berputar pada kecepatan angin minimal 0,6 m/s. Turbin Angin tersebut mampu menghasilkan tegangan minimum 3,4 Volt pada putaran poros 22,6 Rpm dan menghasilkan daya turbin tegangan maksimum 10,5 Volt pada putaran 74,6 Rpm

#### B. Saran

Diharapkan penelitian berikut dapat mendesain turbin angin savonius dengan menggunakan sistem transmisi tak langsung dan menggunakan generator putaran rendah.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

Adityo P. dkk. 2011. "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga". *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Anderson, John D., 1985. *Fundamentals of Aerodynamics*, Mc.Grawhill company Singapore.

De Renzo, D.J., 1979. *Wind Power (Recent Development)*, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, U.S.A.

Hau, Eric. 2005. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*, Berlin, Germany.

Sathyajith M. 2006. *Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics*, Springer, Germany.

Tunggul W. dkk. 2010. "Penggunaan Kincir Angin Savonius Sebagai Sumber Energi Lampu Celup Bawah Air (Lacuba) Dibagan Nelayan" *PKM Teknologi*. Institut Pertanian Bogor.

Vaughn N. 2009. *Wind Energy Renewable Energy And The Environment*, Boca Raton, U.S.A.