

## Pemanfaatan Kincir Angin Petani Garam untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Lakmaras, Kabupaten Belu, NTT

Isidorus Mau Loko<sup>1)</sup>, RB.Dwiseno Wihadi<sup>2)</sup>, YB. Lukiyanto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Angkatan 2010

<sup>2) & 3)</sup> Staf pengajar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

Kampus III, Paingan, Maguwoharjo, Depok,

Sleman, Yogyakarta, 55282

Telp. (0274) 883037, 883968

[isidorusmau@gmail.com](mailto:isidorusmau@gmail.com); [kangwihadi@gmail.com](mailto:kangwihadi@gmail.com); [lukiyanto@usd.ac.id](mailto:lukiyanto@usd.ac.id);

### Abstrak

Rasio elektrifikasi di Indonesia baru sekitar 75% dan sebarannya tidak merata. Rasio elektrifikasi di Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) adalah yang paling rendah diantara propinsi lainnya. Sebagian wilayah di propinsi ini memiliki potensi energi angin di atas rata-rata potensi energi angin yang dimiliki Indonesia. Penelitian eksperimen ini mengungkap potensi energi angin dan pemanfaatannya sebagai PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) di daerah Lakmaras, Kabupaten Belu, NTT yang berbatasan langsung dengan negara Timor Leste.

Kincir angin berdiameter 3 meter diproduksi dan didirikan sendiri oleh masyarakat setempat dengan menggunakan bahan kayu lokal (jati putih atau *Gmelina arborea*). Jenis kincir angin yang digunakan adalah jenis kincir angin yang biasa digunakan dan dapat diproduksi sendiri oleh petani garam di pantai utara Jawa Tengah. Generator listrik yang digunakan adalah BLDC (Brushless DC) 36 volt, 250 Watt, kecepatan putar maksimal 540 rpm. Beban listrik yang digunakan adalah baterai 12 volt dan lampu 15 Watt sebanyak empat buah. Data-data penelitian yang diukur meliputi kecepatan angin, kecepatan putar poros generator, tegangan dan kekuatan arus yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah Lakmaras memiliki potensi energi angin yang sangat memadai untuk PLTB (kecepatan angin rata-rata 6,03 m/detik). Model kincir angin yang biasa digunakan petani garam di Jawa Tengah, terbukti dapat digunakan sebagai penggerak generator listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik skala rumah tangga (daya output rata-rata PLTB 91,5 Watt). Dari hasil penelitian ini terungkap potensi energi angin di Kabupaten Belu dapat digunakan sebagai alternatif penghasil energi listrik untuk meningkatkan rasio elektrifikasi Propinsi NTT dengan cepat.

**Kata kunci:** model kincir angin petani garam, kayu jati putih, Kabupaten Belu, pembangkit listrik, potensi energi angin, generator listrik BLDC.

### Pendahuluan

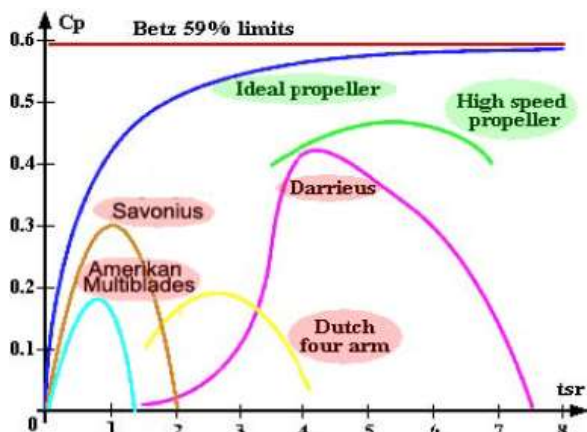
Energi listrik di Indonesia belum tersebar secara merata sehingga sebagian masyarakat Indonesia belum dapat menggunakan dan menikmatinya. Rasio elektrifikasi di Indonesia sampai akhir tahun 2013 yang diharapkan adalah 75,2 %. Besarnya rasio elektrifikasi di tiap wilayah berbeda-beda dan sangat tergantung pada ketersediaan aliran listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Rasio elektrifikasi untuk Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) adalah 37,2 %, terendah diantara propinsi lain di Indonesia [1]. Peningkatan rasio elektrifikasi diperlukan untuk dapat

mendorong kegiatan pembangunan dan pertumbuhan ekonomi.

Salah satu potensi energi terbarukan yang dimiliki Indonesia dan sampai saat ini sangat kecil prosentase pemanfaatannya adalah energi angin/energi bayu. Usaha peningkatan pemanfaatan energi angin di Indonesia sudah dirancang oleh KNRT dengan penyusunan Roadmap Sektor Energi Bayu [2]. Sampai dengan tahun 2015, dua subyek yang mendapat perhatian untuk penelitian dan pengembangan adalah generator magnet permanen dan advance airfoil.

Rata-rata kecepatan angin di wilayah Indonesia adalah 3 – 5 m/detik. Kecepatan angin ini sudah memadai untuk digunakan sebagai sumber pembangkit listrik skala kecil [3]. Energi angin banyak digunakan oleh petani garam di Cirebon (Jawa Barat), Rembang, Jepara, Demak (Jawa Tengah) dan Sumenep (Jawa Timur) sebagai sumber energi untuk pemompaan pada proses pembuatan garam.

Kincir angin yang digunakan oleh petani garam ini termasuk kelompok American multiblades windmill. Kincir angin ini memiliki power coefficient ( $C_p$ ) dan tip speed ratio ( $tsr$ ) yang rendah dibandingkan dengan jenis kincir angin yang lainnya (Gambar 1), banyak dipergunakan untuk menggerakkan pompa air torak dan untuk penggerak peralatan yang beroperasi pada kecepatan rendah. Teknologi kincir angin ini sesuai untuk masyarakat petani garam di Indonesia karena dapat dibuat oleh pekerja bengkel lokal dengan material yang tersedia di wilayahnya, dapat didirikan dan dirawat sendiri oleh pemiliknya [4], dengan demikian biaya untuk investasi dan perawatan menjadi sangat murah.



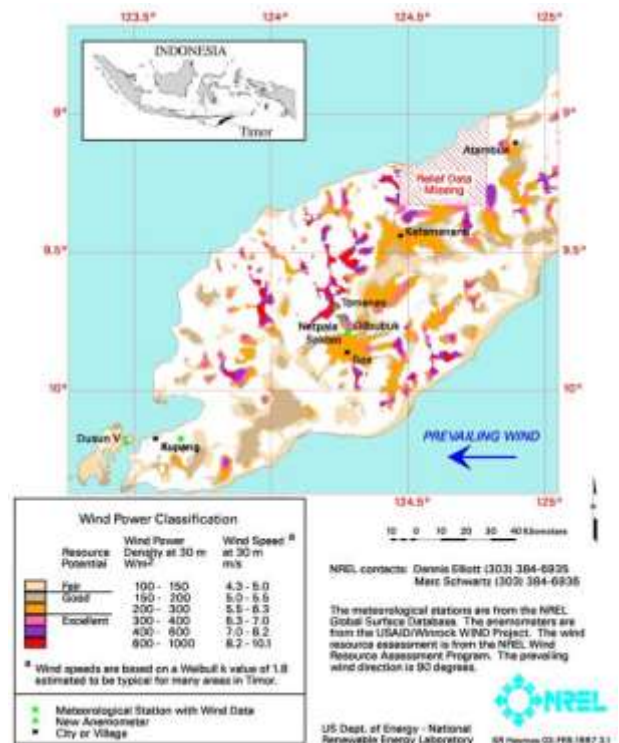
Gambar 1. Hubungan  $C_p$  dan  $tsr$  berbagai jenis kincir angin

(Sumber : [www.windturbine-analysis.com/index-intro.htm](http://www.windturbine-analysis.com/index-intro.htm))

Sebagian wilayah timur Indonesia memiliki rata-rata kecepatan angin lebih dari 5 m/detik sehingga sangat sesuai untuk lokasi pembangkit listrik skala besar [3]. Daerah Lakmaras, Kecamatan Lamaknen Selatan, Kabupaten Belu – NTT adalah wilayah paling timur Indonesia di Pulau Timor yang memiliki rata-rata kecepatan angin lebih dari 5 m/detik (Gambar 2) sehingga sangat sesuai sebagai daerah pengembangan kincir angin. Arah datang angin di daerah ini cenderung tetap. Dalam waktu 1 tahun, arah datang angin berlawanan selama 3 bulan (Januari – Maret).

Studi eksperimen yang telah dilakukan menunjukkan sebuah BDC (brushless DC) motor dapat digunakan sebagai generator listrik putaran rendah dan dapat digunakan untuk beban kincir angin Savonius [5]. Generator listrik ini juga dapat digunakan untuk beban kincir angin jenis American multiblades dengan sebuah tingkat roda gigi dengan perbandingan 1 : 4 [6].

Artikel ini menyajikan hasil penelitian eksperimen pemanfaatan kincir angin yang biasa digunakan oleh petani garam di Rembang untuk membangkitkan listrik pada bulan Juli 2013. Generator listrik yang digunakan adalah jenis BDC magnet permanet kecepatan rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi angin di daerah Lakmaras, Kabupaten Belu, NTT, mengetahui unjuk kerja PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) tersebut dan potensinya sebagai sarana pengisian baterai.



Gambar 2. Peta angin pulau Timor barat

## Metode Penelitian

### Lokasi

Lokasi penelitian adalah di daerah Lakmaras, dusun Kotasai, desa Lakmaras, kecamatan Lamaknen Selatan, Kabupaten Belu, NTT, terletak pada

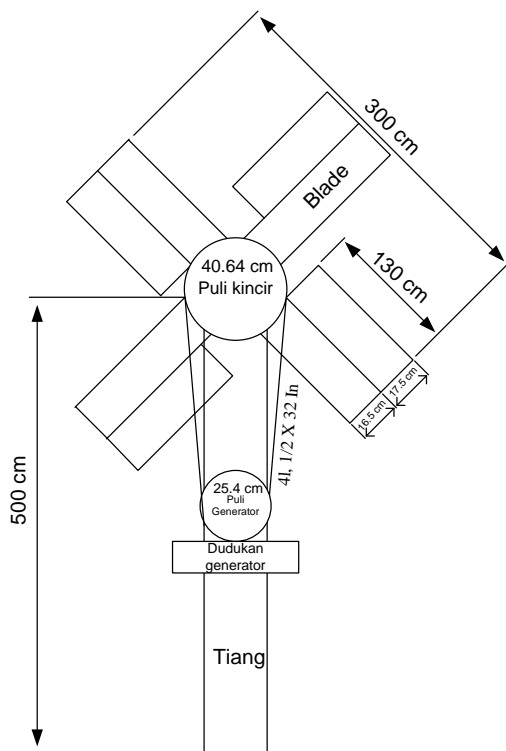
koordinat 125°08'50.19" BT (Bujur Timur), 9°09'04.52" LS (Lintang Selatan) dan 876,3 meter dpl (di atas permukaan air laut). Sebelah timur, selatan dan utara wilayah kecamatan ini berbatasan langsung dengan Negara Timor Leste.

### Kincir Angin

Kincir angin yang digunakan pada penelitian ini memiliki 4 buah sudu dengan diameter 3 meter. Rincian kincir angin dan poros dapat dilihat pada Gambar 3. Bantalan poros diletakkan pada ujung atas tiang penyangga (panjang total 5 meter). Tiang penyangga dipasang dengan menyesuaikan arah datang angin. Rangkaian poros dan dudukan poros dikerjakan di Jurusan Teknik Mesin USD. Bahan sudu dan tiang penyangga adalah kayu jati putih dan kayu cemara yang banyak terdapat di wilayah tersebut dan dikerjakan oleh tukang kayu warga setempat.

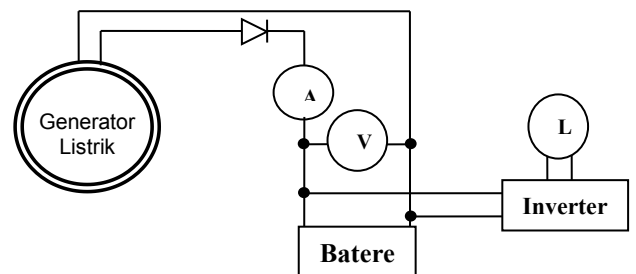
Gambar 3 : Kincir Angin Petani Garam di Kabupaten Rembang

### Generator dan Rangkaian Listrik



Jenis mesin listrik (generator) yang digunakan adalah BDC magnet permanen, tegangan kerja 36 volt DC dan daya (nominal) 250 Watt. Wiring system mesin listrik ini terdiri dari dua buah kabel. Beban listrik yang digunakan adalah baterai kering 12 volt (merk

accu YUASA dan daya penyimpanan 60 Ah) dan 4 buah lampu wolfram 15 Watt melalui sebuah inverter (Merk DOXIN, daya 1000 Watt). Skema rangkaian listrik saat pengujian dapat dilihat pada Gambar 4. Generator listrik dipasang pada dudukan generator. Sumbu generator listrik sejajar dengan sumbu poros kincir angin. Jarak kedua sumbu dapat diatur dengan mengatur dudukan generator. Sebuah diode (20 Ampere) dipasang pada kabel positif untuk mencegah generator listrik berfungsi sebagai motor listrik pada saat kincir angin tidak berputar karena tidak ada angin. Generator listrik akan berfungsi untuk pengisian aki saat tegangan listrik yang dihasilkan  $\geq 13$  volt [5,6]. Dengan adanya diode, pada saat tegangan listrik yang dihasilkan kurang dari 13 volt, kincir angin dan generator listrik dapat berputar bebas tanpa beban dan tidak dapat mengambil energi listrik dari baterai.



Gambar 4 Skema Rangkaian Listrik (A: Amperemeter, V: Volt-meter, L: Lampu)

### Transmisi Daya

Transmisi daya yang digunakan untuk memindahkan daya poros ke generator adalah pasangan sabuk dan puli 1 tingkat dengan perbandingan transmisi 8:5. Puli 16 inci dipasang pada ujung belakang poros kincir angin. Puli 10 inci dipasang pada bagian rotor mesin listrik. Kedua buah puli dihubungkan dengan menggunakan sebuah sabuk V (merk DAYTON dan ukuran 4L, 1/2 X 32 In).

### Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati ditentukan berdasar persamaan yang dipergunakan untuk mengetahui unjuk kerja kincir angin dan generator listrik (Persamaan 1 – 3). Energi listrik yang dihasilkan oleh generator listrik ( $P_{out}$ )

$$P_{out} = V I \quad (\text{Watt}) \quad (1)$$

dengan  $V$  adalah tegangan listrik (volt) ;  $I$  adalah arus listrik (ampere)

Energi angin tersedia,  $P_{in}$  :

$$P_{in} = 0,6 A V_{\infty}^3 \quad (\text{Watt}) \quad (2)$$

dengan  $A$  adalah luas penampang kincir angin ( $m^2$ ) ;

$V_{\infty}$  adalah kecepatan angin (m/detik)

Perbandingan kecepatan putar pada sistem transmisi :

$$\frac{D_g}{D_k} = \frac{n_k}{n_g} \quad (3)$$

$D_g$  dan  $D_k$ : diameter puli pada generator listrik dan poros kincir angin (10 inci dan 16 inci)

$n_g$  dan  $n_k$ : kecepatan putar rotor generator listrik dan poros kincir angin (rpm)

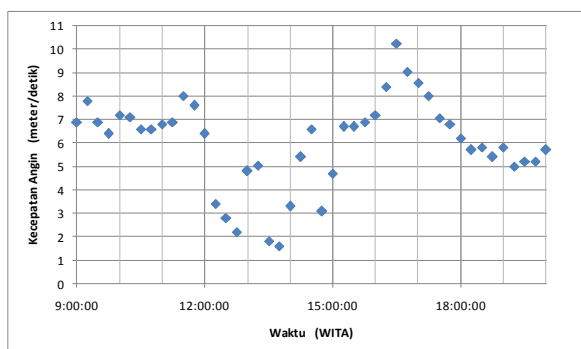
### Tahapan Penelitian

Pengamatan dilakukan pada tanggal 21 Juli 2013 dimulai pada jam 09.00 WITA dan berakhir pada jam 20.00 WITA. Pengamatan dilakukan setiap 15 menit. Parameter yang diamati adalah tegangan dan arus listrik, kecepatan angin dan kecepatan putar rotor generator. Kecepatan angin diperoleh dengan menggunakan anemometer (AM-4204). Kecepatan putar diperoleh dengan menggunakan tachometer (DT-2268).

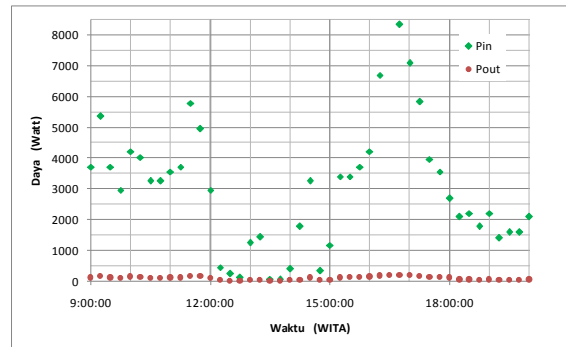
### Hasil Penelitian dan Pembahasan

Proses pembuatan sudu dan tiang penyangga berlangsung sekitar 10 hari. Proses perakitan dan pendirian (*sitting*) PLTB berlangsung 2 hari. Tenaga kerja, termasuk tukang kayu dan bengkel, pada seluruh proses pengerjaan berasal dari warga setempat. Sampai saat ini listrik yang dihasilkan dipergunakan oleh warga untuk *charging* HP dan penerangan di lokasi kincir angin.

Parameter yang diperoleh dari pengamatan diolah dengan menggunakan Microsoft Excell untuk menampilkan hubungan distribusi kecepatan angin (Gambar 5), besarnya daya input dan daya output (Gambar 6), efisiensi PLTB (Gambar 7), arus dan tegangan listrik (Gambar 8) dan kecepatan putar kincir angin dan poros (Gambar 9) pada saat pengambilan data.

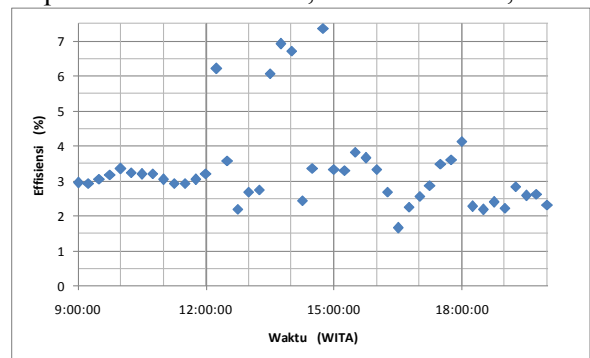


Gambar 5. Hubungan kecepatan angin dengan waktu

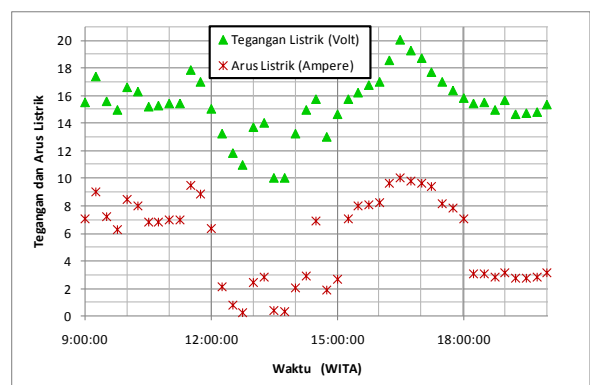


Gambar 6. Hubungan Pin dan Pout dengan kecepatan angin

Kecepatan rata-rata angin selama pengamatan adalah 6,03 meter/detik. Dari Gambar 5 terungkap kecepatan angin tertinggi terjadi pada sore hari (16.30 WITA) dan kecepatan terendah pada siang hari (13.45 WITA). Besarnya Pin fluktuatif dan tergantung pada kecepatan angin, sedangkan Pout relatif stabil (Gambar 6). Besarnya daya input rata-rata dan daya output rata-rata adalah 91,5 Watt dan 3157,0 Watt.



Gambar 7. Hubungan efisiensi dengan waktu pengamatan

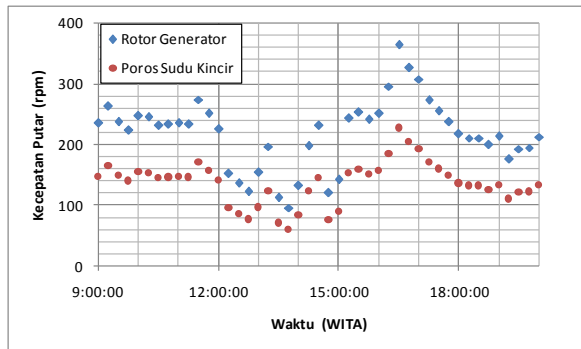


Gambar 8. Hubungan tegangan dan arus listrik dengan waktu pengamatan

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8, besarnya efisiensi rata-rata, Tegangan listrik rata-rata dan arus listrik rata-rata yang dihasilkan oleh PLTB adalah 3,3%, 15,43 Volt dan 5,56 Ampere.

Tidak semua energi listrik ini dapat digunakan untuk *battery charging*. Tegangan listrik minimal adalah 13

Volt agar dapat digunakan untuk pengisian batere 12 volt [5,6]. Dengan mengabaikan energi listrik yang dihasilkan oleh generator listrik karena kecepatan angin yang rendah antara jam 12.30 sampai dengan jam 13.45 maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan PLTB selama 11 jam pengamatan adalah sekitar 850,7 Watt-jam (tegangan listrik rata-rata dan arus listrik rata-rata tersedia untuk *battery charging* sebesar 15,95 volt dan 6,44 ampere). Energi listrik tersebut sudah dapat memenuhi kebutuhan listrik (*charging*) dua buah batere 12 volt, 40 Ah.



Gambar 9. Hubungan kecepatan putar generator listrik dan kincir angin dengan waktu pengamatan

Kecepatan putar rata-rata generator listrik selama pengamatan adalah 218,3 rpm dengan kecepatan putar tertinggi 364,0 rpm. Kecepatan putar tertinggi ini masih berada di bawah kecepatan putar generator listrik berdasarkan spesifikasinya.

## Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan :

- Kincir angin yang biasa digunakan oleh petani garam di pantai utara pulau Jawa sangat memungkinkan dikembangkan di Kabupaten Belu, NTT.
- Kincir angin yang biasa digunakan oleh petani garam di pantai utara pulau Jawa sangat potensial digunakan sebagai PLTB skala kecil/skala rumah tangga (sampai dengan 1000 Watt).
- Rasio elektrifikasi di NTT dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan potensi energi angin yang dimilikinya, terutama di Kabupaten Belu.

**Saran** :Masih diperlukan penelitian lanjutan, terutama untuk meningkatkan efisiensi dan kehandalan PLTB skala kecil ini.

## Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat terselesaikan dan diselesaikan berkat 1) bantuan generator listrik dari Tim Peneliti Unggulan Strategis Nasional USD 2011, 2) bantuan sarana transportasi dari TNI AD dan 3) swadaya yang diusahakan oleh masyarakat Dusun Kotasai.

## Daftar Pustaka

- [1] Muchlis, Moch. dan Adhi Dharma Permana; 2006; Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN di Indonesia Tahun 2003 s/d 2020; Prosiding Pengembangan Sistem Kelistrikan dalam Pembangunan Nasional Jangka Panjang; BPPT; Jakarta; halaman 19-29
- [2] KNRT (Kementerian Negara Riset dan Teknologi) Republik Indonesia; 2006; Buku Putih Penelitian, Pengembangan Dan Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Energi Baru Dan Terbarukan Untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2005 – 2025; Jakarta; halaman 53-55.
- [3] Keputusan Menteri ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) No. 0002; 2006; Policy on Renewable Energy Development and Energy Conservation; Jakarta; halaman 5
- [4] Simonds, M.H. dan A. Bodek; 1964; Performance Test of a Savonius Rotor, Technical Report; Brace Reseach Institute; McGill University; Quebec; Canada; halaman 2.
- [5] YB. Lukiyanto, Low Speed Electric Machine Used for Electric Generating from Savonius Windmill, Journal Advanced Materials Research Vol. 789 (2013) pp 443-448
- [6] YB. Lukiyanto, Peningkatan Pemanfaatan Kincir Angin Petani Garam untuk Pembangkit Listrik, Prosiding SNTEKPAN, ITATS, Surabaya, 13 Februari 2013
- [7][http://www.nrel.gov/wind/international\\_wind\\_resources.html#indonesia](http://www.nrel.gov/wind/international_wind_resources.html#indonesia) ; diunduh pada 30 Agustus 2013, 12:15 WIB