

## **KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN *VERTICAL AXIS* PROFIL NACA 0018 EMPAT *BLADE* DENGAN BANTUAN *GUIDE VANE***

**Moh. Fauzy Kurniawan**

S1 Pendidikan Teknik Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: moh\_fauzy7@yahoo.com

**Indra Herlamba Siregar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: indra\_adsite2006@yahoo.com

Pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi di Indonesia khususnya dan didunia pada umumnya meningkat pesat, sejalan dengan itu kebutuhan energi terus meningkat, sedangkan ketersediaanya semakin menipis, sehingga diperlukan energi alternatif untuk memenuhinya. Salah satu cara mendapatkan energi tersebut dengan memanfaatkan tenaga angin, yaitu turbin angin. Penelitian ini bertujuan mendapatkan besar daya dan efisiensi dari turbin angin vertical axis profil NACA 0018 dengan jumlah empat blade dengan bantuan Guide Vane.

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen menggunakan variabel terikat daya dan efisiensi, variabel bebas adalah jumlah blade, kecepatan angin, sudut pitch dan variasi beban. Penelitian menggunakan kipas angin yang diarahkan ke turbin angin vertical axis ini, kemudian diberi beban 300, 400 dan 500 gram. Beban tersebut akan terangkat dan menempuh jarak 10 cm, pada saat itu kita ukur berapa lama beban ini terangkat. Maka dapat dihitung berapa besar daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin angin ini. Penelitian ini membandingkan antara turbin dengan dan tanpa bantuan Guide Vane.

Dari penelitian ini, bahwa turbin angin vertical axis profil NACA 0018 menghasilkan daya maksimal sebesar  $13,3 \times 10^{-2}$  watt pada beban yang terangkat 500 gram dengan sudut pitch 15o pada kecepatan 4 m/s tanpa bantuan Guide Vane, dan daya maksimal sebesar  $21,9 \times 10^{-2}$  watt pada beban yang terangkat 500 gram dengan sudut pitch 30o pada kecepatan 4 m/s dengan bantuan Guide Vane. Sedangkan efisiensi maksimal yang dihasilkan adalah 5,6 % dengan bantuan Guide Vane. Pada kecepatan 5 m/s menghasilkan daya maksimal  $29 \times 10^{-2}$  Watt pada beban yang terangkat 500 gram dengan sudut pitch 30o dengan bantuan Guide Vane. Dan daya maksimal  $16,6 \times 10^{-2}$  watt pada sudut Pitch 15o beban 500 gram, Sedangkan efisiensi maksimal yang dihasilkan dengan Guide Vane adalah 4 %. Dari penelitian di atas bahwa Sudut Pitch, Kecepatan Angin, Beban, dan Pemakaian Guide Vane sangat berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin angin.

Kata kunci: Empat Blade, NACA 0018, Sudut Pitch, Guide Vane.

### **ABSTRACT**

Population growth, economic growth and consumption patterns in Indonesia in particular and in the world in general increase rapidly, in line with the need for energy continues to rise, while depleting its availability, so that be needed alternative energy to meet them. One way to get the energy to harness wind power is the wind turbine. This study aims to get a big power and efficiency from the vertical axis wind turbine NACA 0018 profile with a number four blade with the help of Guide Vane.

This Research is experimental research using the power and efficiency of the dependent variable, the independent variable are the number of blades, wind speed, pitch angle and load variations. Research using a fan that is directed to the vertical axis wind turbine, and then given a load of 300, 400 and 500 grams. The burden will be lifted and a distance of 10 cm, at the time we measured how long this burden lifted. It can be calculated how much power and efficiency of the wind turbine generated. This study compared the turbine with and without the aid of Guide Vane.

From this study, that the vertical axis wind turbine NACA 0018 profile produces a maximum power of  $13,3 \times 10^{-2}$  watt at load lifted 500 grams with pitch angle  $15^\circ$  at a speed of 4 m / s without the help of Guide Vane, and a maximum power of  $21,9 \times 10^{-2}$  watt on 500 gram weight lifted with 30o pitch angle at a speed of 4 m / s with the help of Guide Vane. While the resulting maximum efficiency is 5.6% with the aid of Guide Vane. At a speed of 5 m / s produces a maximum power of  $29 \times 10^{-2}$  Watt at lifted load is 500 gram the pitch angle of 30o with the help of Guide Vane. And maximum power of  $16,6 \times 10^{-2}$  Pitch angle 15o load of 500 grams, while the maximum efficiency generated with Guide Vane was 4%. From the

above study that Pitch Angle, Wind Speed, Load, and Using Guide Vane are greatly affect of the power and efficiency generated wind turbines

Keywords: Four Blades, NACA 0018, Pitch Angle, Guide Vane

## PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi di Indonesia khususnya dan didunia pada umumnya meningkat pesat, sejalan dengan itu kebutuhan energi terus meningkat. Sumber energi utama yang di gunakan saat ini adalah energi fosil yang selama ini merupakan ketersediaannya sangat terbatas dan terus menipis. Sedangkan untuk menyediakan energi fosil ini memerlukan proses alam dan waktu yang sangat lama untuk dapat kembali.

Menurut Blueprint Pengelolaan Energi Nasional yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2004 diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan rasio cadangan/produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun.

Banyak sumber daya alam terbarukan yang ada di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara optimal seperti energi angin, energi air, energi surya dan lainnya. Pemanfaatan energi terbarukan dapat mencegah terjadinya kenaikan jumlah karbon dioksida atau CO<sub>2</sub> pada lapisan atmosfer yang menyebabkan pemanasan global. Pada sebuah surat kabar The Atjeh Post pada Rabu 1 Juni 2011, "International Energy Agency (IEA) mengungkapkan bahwa kenaikan emisi karbondioksida CO<sub>2</sub> pada tahun 2010 sebesar 1.6 gigaton (Gt), saat diakumulasikan kenaikan karbondioksida di tahun 2010 menjadi 30.6 Gt, Nicholas Stern dari London School of Economics bahkan mengklaim, jika hal ini terus berlangsung pada 2100, suhu Bumi akan naik 4 derajat Celcius".

Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil menyemangati para peneliti di berbagai negara untuk mencari energi lain yang dikenal dengan istilah energi terbarukan.

Penggunaan tenaga angin hanya 1% dari total produksi listrik dunia (2005). Jerman merupakan produsen terbesar tenaga angin dengan 32% dari total kapasitas dunia pada 2005; targetnya pada 2010, energi terbarui akan memenuhi 12,5% kebutuhan listrik Jerman. Jerman memiliki 16.000 turbin angin, kebanyakan terletak di utara negara tersebut - termasuk tiga terbesar dunia, dibuat oleh perusahaan Enercon (4,5 MW), Multibrid (5 MW) dan Repower (5 MW). Provinsi Schleswig-Holstein Jerman menghasilkan 25% listriknya dari turbin angin.

Angin di kawasan wilayah Indonesia mempunyai kecepatan dan arah yang selalu berubah-ubah. Menurut Karwono (2008), pada turbin angin poros horisontal pemanfaatannya harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya.

Energi angin dipakai sebagai media untuk menggerakkan turbin angin. Dimana meski kecepatan angin di Indonesia pada umumnya relatif rendah berkisar antara 3-5 m/s. Tetapi di beberapa daerah tertentu khususnya di Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara barat, Sulawesi Selatan dan Pantai Selatan Jawa kecepatan angin diatas 5 m/s yang cukup untuk menghasilkan energy (Wiryadi, 2007). Karena itu energi angin cocok dipergunakan untuk daerah pedesaan yang sulit secara geografis untuk dilayani pemerintah.

Ridho Hantoro, I.K.A.P. Utama, Erwandi, Aries Sulisetyono (2009) melakukan penelitian ketidakstabilan gaya dan interaksi fluida-struktur pada turbin sumbu vertikal untuk pembangkit energi arus laut, dengan hasil Simulasi dilakukan dengan menggunakan foil jenis NACCA 0018 tanpa puntiran (twist) mengindikasikan adanya fluktuasi gaya yang harmonik selama turbin berotasi penuh 360 derajat, terdapat fenomena munculnya dua pola fluktuasi dari resultan gaya yang dihasilkan. perbandingan nilai koefisien gaya seret (Cd) dan Koefisien gaya angkat (Cl) dilakukan pada sudut serang 0-90 derajat dan memberikan nilai kesalahan maksimum 6% untuk Cl dan 7% untuk Cd. Dinamika perubahan gaya disimulasikan dalam interval 5 derajat dan menggunakan variasi kecepatan upstream dengan nilai 1 m/s, 2 m/s, dan 3 m/s.

Penelitian Sukamto (2012), mengenai karakteristik turbin angin vertical axis dengan tiga blade dan bantuan guide vane dengan variasi sudut pitch. Dari penelitian tersebut hasil yang diperoleh bahwa daya maksimal pada sudut 300 dan efisiensi maksimal 15,82 %.

Penelitian Payam Sabaeifard (2012) Determination of Vertical Axis Wind Turbines Optimal Configuration through CFD Simulations. Penurunan Cp pada TSR tinggi. Namun pada TSR yang rendah, Cp yang dicapai paling tinggi, disini dapat disimpulkan bahwa dengan kecepatan angin yang rendah, dengan empat blade turbin dapat bekerja.

Penelitian Marco Raciti Castelli dan tim (2012) tentang Effect of Blade Number on a Straight-Bladed Vertical-Axis Darreius Wind Turbine, bahwa penambahan blade dapat menurunkan daya, namun dengan kecepatan angular rendah efisiensi daya maksimum dapat dicapai, perlu penambahan alat agar daya meningkat.

Beberapa penelitian turbin angin vertical axis diatas menunjukkan penurunan Cp, dalam penelitian ini melakukan penambahan alat untuk meningkatkan daya turbin yaitu *Guide Vane*

Konstruksi turbin angin Vertical Axis yang dapat memanfaatkan potensi angin dari segala arah, konstruksi sederhana, dan tidak memerlukan tempat pemasangan yang begitu luas merupakan

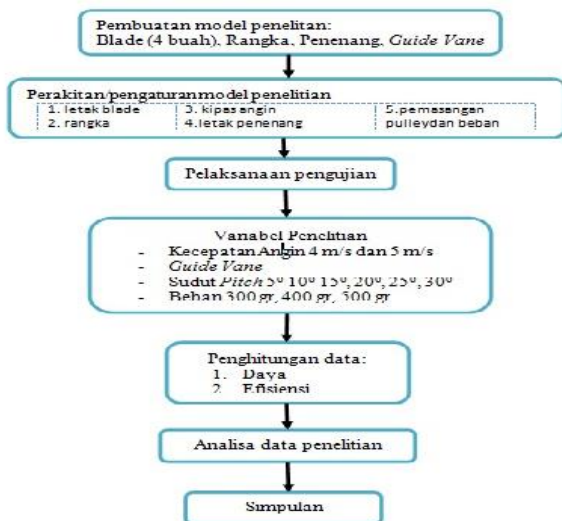
suatu pertimbangan dalam memilih jenis turbin angin ini. Melihat angin di wilayah Indonesia yang relative rendah dan berdasarkan dari penelitian sebelumnya, yaitu turbin angin dengan empat blade dengan NACA 0024, terjadi peningkatan  $C_p$  dan  $C_t$ , sedangkan penelitian Dodyk dan Sukanto, bahwa turbin angin dengan bantuan Guide Vane menghasilkan daya yang lebih besar. Perlu adanya penelitian mengenai turbin angin NACA 0018 empat blade dengan bantuan Guide Vane, maka dari itu penelitian ini menggunakan empat blade dengan bantuan Guide Vane, yang diharapkan menghasilkan daya dan efisiensi lebih besar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan Guide Vane terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin profil NACA 0018 empat Blade dan Untuk mengetahui pengaruh Kecepatan Angin, Sudut Pitch dan Beban terhadap daya dan efisiensi pada turbin angin profil NACA 0018 empat Blade.

Manfaat dari penelitian ini yaitu menjadi referensi untuk mengurangi ketergantungan penggunaan sumber daya energi tak terbarukan.

## METODE

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas dapat disebut penyebab atau independent variable. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan Guide Vane, kecepatan angin, sudut pitch dan Beban.

- Variabel Terikat

Variabel terikat dapat disebut hasil, akibat atau dependent variable. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu daya dan efisiensi yang

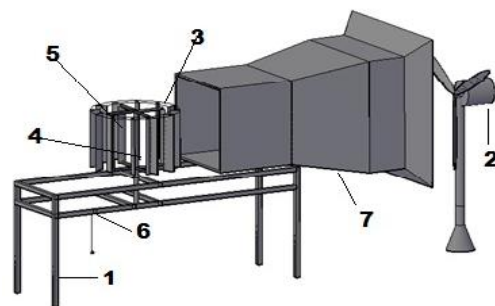
dihasilkan turbin angin vertikal axis profil NACCA 0018 dengan jumlah empat Blade ini.

- Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam hal ini adalah sesuatu yang dikontrol agar penelitian tetap fokus pada masalah yang diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jumlah Blade 4 buah NACCA 0018.

### Peralatan dan Instrumen Penelitian

Peralatan dan instrumen merupakan peralatan uji yang digunakan untuk memperoleh data penelitian. Peralatan dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 2. Rangkaian Instrumen Penelitian

Keterangan :

1. Rangka
2. Kipas angin
3. Guide Vane
4. Poros
5. Blade
6. Beban
7. Lorong Angin

## PROSEDUR PENELITIAN

### Tahap Persiapan

- Menyusun/membuat rangkaian obyek penelitian seperti pada gambar 2. ↓
- Menyiapkan peralatan dan instrumen penelitian, yaitu anemometer, penggaris, stopwatch.
- Menyiapkan beberapa variasi beban yang digunakan pada pengujian

### Tahap Percobaan

- Menghidupkan kipas angin.
- Melakukan pengaturan kecepatan angin pada kipas dengan potensiometer. Kemudian dilakukan pengecekan kecepatan angin dengan anemometer, pengecekan ini dilakukan setelah angin melewati penenang.

- Pengamatan mulai dilakukan dengan memberi beban yang telah dipersiapkan pada tali di pulley. Kemudian kipas dihidupkan dan diatur pada kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s, pengamatan dilakukan hingga beban tersebut terangkat 10 cm dari posisi awal dengan dan tanpa bantuan Guide Vane.
- Melakukan pencatatan data yang meliputi waktu, kecepatan angin, putaran turbin, dan beban.
- Mengulangi percobaan a. – d. Hingga tiga kali.

### Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif. Sehingga analisis data dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2007:147).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Data Hasil Penelitian

- Analisis Daya Pada Turbin

Distribusi daya turbin TGV (Tanpa *Guide Vane*) pada kecepatan angin 4 m/s, dari ketiga beban yang divariasikan terjadi peningkatan harga distribusi daya turbin dari sudut *pitch* 5° hingga pada sudut 15° yang disebabkan oleh gaya angkat yang besar pada sudut *pitch* 15°, daya turbin maksimum yaitu sebesar  $13 \times 10^{-2} \text{ watt}$  pada beban 500 gram. Dan terjadi penurunan daya turbin dari sudut *pitch* 15° hingga sudut *pitch* 30° yang disebabkan gaya angkat pada *Blade* yang menurun. Sedangkan daya pada beban menunjukkan kemampuan maksimal pada turbin.

Distribusi daya turbin DGV (dengan *Guide Vane*) pada kecepatan angin 4 m/s, tampak bahwa peningkatan harga distribusi daya turbin meningkat dari sudut 5° s.d 30° pada semua beban yang di variasikan. daya turbin maksimum yaitu sebesar  $21 \times 10^{-2} \text{ watt}$  pada sudut *pitch* 30° beban 500 gram yang disebabkan oleh arah angin yang diarahkan menyebabkan penambahan kecepatan dan gaya *aerodinamika* yang terjadi pada *blade* menguntungkan putaran turbin. Dapat disimpulkan bahwa dari grafik diatas, semakin besar sudut *pitch* maka semakin besar pula daya turbin yang dihasilkan oleh turbin dengan *guide vane*.

Distribusi daya turbin pada kecepatan angin 5 m/s TGV (Tanpa *Guide Vane*), tampak bahwa

peningkatan harga distribusi daya turbin dari semua beban yang divariasikan pada sudut 5° hingga sudut 15° yang disebabkan oleh gaya angkat yang besar pada sudut *pitch* 15°, daya turbin maksimum yaitu sebesar  $15 \times 10^{-2} \text{ watt}$  pada beban 500 gram. namun terjadi penurunan daya turbin pada sudut *Pitch* 20° hingga sudut 30° karena gaya angkat pada *Blade* yang menurun. Sedangkan daya pada beban menunjukkan kemampuan maksimal pada turbin. Semakin besar beban maka daya yang dihasilkan semakin besar pula.

Distribusi daya turbin pada kecepatan angin 5 m/s DGV (Dengan *Guide Vane*), tampak bahwa peningkatan harga distribusi daya turbin meningkat dari sudut 5° s.d 30° pada semua beban yang di variasikan, yang disebabkan oleh arah angin yang diarahkan menyebabkan penambahan kecepatan dan gaya *aerodinamika* yang terjadi pada *blade* menguntungkan putaran turbin. Dapat disimpulkan bahwa dari grafik diatas, semakin besar sudut *pitch* maka semakin besar pula daya turbin yang dihasilkan oleh turbin dengan *guide vane*. daya turbin maksimum yaitu sebesar  $29 \times 10^{-2} \text{ watt}$  pada sudut *pitch* 30° beban 500 gram.

Distribusi gaya dari kecepatan angin 4 m/s ke 5 m/s, terjadi peningkatan daya turbin yang dihasilkan pada semua beban yang divariasikan, karena kecepatan angin mempengaruhi kecepatan putar turbin. Sedangkan kecepatan turbin mempengaruhi daya yang dihasilkan. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kec.angin maka semakin besar pula daya turbin yang dihasilkan. Penggunaan *guide vane* sangat berpengaruh, Nampak pada gambar diatas bahwa daya tertinggi dihasilkan

Daya turbin terhadap sudut *pitch* berdasarkan pemakaian *guide vane*, nampak bahwa penggunaan *guide vane* menghasilkan daya lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan *guide vane*, itu *guide vane* berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin.

Berdasarkan analisa hasil diatas, penggunaan *guide vane* menyebabkan peningkatan daya yang dihasilkan oleh turbin, diduga karena arah angin yang dirubah sehingga mempercepat laju angin dan merubah gaya aerodinamika yang terjadi pada *blade*.

Keuntungan *guide vane* adalah mengarahkan dan mempercepat laju angin yang masuk ke turbin angin, menyebabkan angin mendorong punggung *airfoil*. Semakin besar sudut *pitch blade*, maka semakin besar pula penampang punggung yang didorong oleh aring dari *guide vane*, menyebabkan daya yang dihasilkan lebih besar. Bentuk *airfoil* menguntungkan dengan memperkecil gaya *drag* dari *blade*, dengan mengarahkan gaya *drag* yang diperoleh dari depan *blade*.

Nilai  $C_p$  terhadap sudut *pitch* berdasarkan pemakaian *guide vane*, selaras dengan daya turbin yang dihasilkan, nampak turbin angin DGV (Dengan *Guide Vane*) bahwa dengan menggunakan *guide vane* menghasilkan  $C_p$  yang lebih tinggi dan terjadi

peningkatan yang signifikan dibandingkan turbin angin TGV (Tanpa *Guide Vane*), mulai dari sudut  $5^\circ$  hingga sudut  $30^\circ$ , sedangkan kecepatan angin 4 m/s menghasilkan  $C_p$  yang lebih tinggi dibandingkan 5 m/s.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari analisis pada bab IV yang diperoleh dari penelitian karakteristik turbin angin Vertical Axis profil NACA 0018 empat Blade dengan bantuan guide vane dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- Penggunaan Guide Vane pada turbin angin Vertical Axis profil NACA 0018 empat Blade menghasilkan daya turbin angin lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan Guide vane, seiring dengan peningkatan daya turbin, maka akan diikuti oleh  $C_p$ . Daya turbin tertinggi yang dihasilkan turbin angin vertical axis empat blade dengan bantuan guide vane adalah  $21 \times 10^{-2}$  Watt dengan kecepatan angin 4 m/s, dan  $29 \times 10^{-2}$  Watt dengan kecepatan angin 5 m/s, mengangkat beban 500 gram dan sudut pitch 30 derajat. Coefficient of Power ( $C_p$ ) tertinggi adalah 0,059 yang terjadi pada sudut pitch 30 derajat, dengan mengangkat beban 500 gram dan kecepatan angin 4 m/s, dan 0,040 yang terjadi pada sudut pitch 30 derajat, dengan mengangkat beban 500 gram dan kecepatan angin 5 m/s.
- Sudut pitch berpengaruh pada daya dan efisiensi turbin karena mempengaruhi gaya angkat yang terjadi pada blade.
- Kecepatan angin berpengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin, semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula daya yang dihasilkan namun semakin besar kecepatan angin maka semakin kecil efisiensinya..
- Variasi beban yang digunakan berpengaruh untuk mengetahui kemampuan daya maksimal yang dihasilkan turbin angin.
- Hasil keseluruhan menyatakan dengan bantuan Guide Vane turbin angin menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan tanpa bantuan Guide Vane.

### Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan bagi pembaca yang berminat untuk menggunakan variasi pada jumlah Blade, menggunakan jenis Airfoil dengan tipe yang berbeda, jumlah sirip Guide Vane yang sesuai, variasi sudut Guide Vane untuk turbin angin tipe Darrieus, sebab masih sedikit penelitian turbin angin tipe Darrieus yang menggunakan Guide Vane.

Data yang ada pada penelitian ini bisa di pakai sebagai acuan untuk penelitian turbin angin tipe Darrieus yang menggunakan Guide Vane.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2011). Analisis statistika. Diakses 23 Maret 2012 dari <http://sambasalim.com/statistika/analisis-data-statistika.html>.
- Anonim. (2011). Gaya-gaya pada blade Diakses 17 Maret 2012 dari [http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/industrial-technology/2009/Artikel\\_ITS-Undergraduate-5125-4203109009-bab2.pdf](http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/industrial-technology/2009/Artikel_ITS-Undergraduate-5125-4203109009-bab2.pdf).
- Anonim. (2011). Naca 0018. Diakses 23 Maret 2012 dari <http://Airfoilinvestigation Database-showing naca-0018.htm>.
- El-Samanoudy. M (2010), Effect of some design parameters on the performance of a Giromill vertical axis wind. Ain Shams Engineering Journal (2010) 1, 85–9.
- Fiedler, Andrzej.& Tullis, Stephen. (2009). Blade Offset and Pitch Effects on a High Solidity Vertical Axis Wind Turbine. Canada : McMaster. Wind Engineering Volume 33, no 3, 2009 pp 237-246.
- Hansen, Martin O.L. (2008). Aerodynamics of Wind Turbines. USA : TJ International.
- Herlamba Indra (2008). Mesi Konversi Energi.Surabaya : UNESA Pers
- Manwell, J.F & McGowan J.G (2009). Win Energy Explained. USA : Wiley
- Raciti Castelli. Marco (2012) Effect of Blade Number on a Straight-Bladed Vertical-Axis Darrieus Wind Turbine. World Academy of Science, Engineering and Technology 61 2012.
- Sugiyono. (2007). Statistika Untuk Penelitian. Bandung : CV.Alfabeta.
- Sabaeifard, Payam (2012) Determination of Vertical Axis Wind Turbines Optimal Configuration through CFD Simulation. 2012 International Conference on Future Environment and Energy IPCBEE vol.28(2012) © (2012)IACSIT Press, Singapore.