

KAJI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN *MULTIBLADE* TIPE SUDU *FLATE PLATE* SEBAGAI PENGGERAK MULA POMPA AIR

Yusuf Dewantoro Herlambang

Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang Fax.(024) 7472396

E-mail : yusuf.dewantoro@polines.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat turbin angin multi blade sumbu horizontal sebagai penggerak mula pompa torak kerja ganda serta menguji dan menganalisis karakteristik turbin angin tersebut. Metode pengujian meliputi pengaruh dari turbin angin setelah dikenai angin dari blower dengan variabel uji kecepatan angin (10,2 m/s, 10,4 m/s, 10,5 m/s, 10,7 m/s, 10,9 m/s, 12,5 m/s dan 13 m/s) serta menggunakan sistem transmisi roda gigi lurus dengan perbandingan 1:2 yang langsung digunakan untuk penggerak pompa torak kerja ganda. Spesifikasi turbin angin sebagai berikut: diameter rotor 90 cm, panjang sudu 43 cm, jumlah sudu 9 buah serta bahan sudu terbuat dari plat galvanis. Sedangkan spesifikasi pompa torak kerja ganda adalah diameter silinder dan torak 50,8 mm, panjang langkah torak 17 cm, bahan torak terbuat dari nilon. Hasil pengujian menunjukkan efisiensi sistem tertinggi sebesar 0,61% pada kecepatan angin 10,9 m/s, debit 1,08 m³/jam, putaran poros turbin 40 rpm, putaran poros pompa 26 rpm, daya hidrolis 3,06 Watt dan daya turbin 206,08 Watt, serta efisiensi turbin sebesar 40,83%.

Kata Kunci : Turbin Angin, Multi Blade, Pompa Torak Kerja Ganda

Pendahuluan

Pemanfaatan potensi energi terbarukan saat ini semakin banyak mendapat perhatian di kalangan ilmuwan maupun sektor industri. Hal ini disebabkan karena kekhawatiran akan timbulnya krisis energi yang disebabkan menipisnya bahan bakar fosil yang terkandung di alam serta efek negatif yang ditimbulkan akibat penggunaan bahan bakar fosil berupa pencemaran udara dan pemanasan global. 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.

Tabel 1. Potensi Energi Alternatif di Indonesia (ESDM, 2011)

| Tipe Pembangkit | Potensi | Kapasitas Terpasang |
|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| PLTA | 75,67 GW | 5.705,29 MW |
| Panas Bumi | 29,038 GW | 1.189 MW |
| Biomassa | 49,81 GW | 1.618,4 MW |
| Mini/Mikrohidro | 769,69 MW | 217,89 MW |
| Matahari | 4,8 kWh/m ² -hari | 13,5 MW |
| Angin | 3-6 m/s | 1,87 MW |
| Uranium (di Kalan Kalbar) | 3.000 MW | 30 MW |

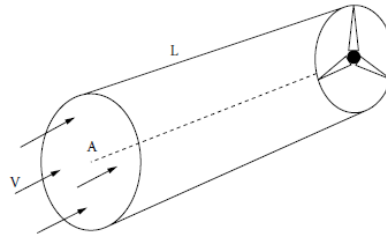
Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya untuk pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan/udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat di terapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air. (Daryanto, 2007). Berdasarkan data dari WWEA (*World Wind Energy Association*), sampai dengan tahun 2007 perkiraan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin mencapai 93.85 GigaWatt, menghasilkan lebih dari 1% dari total kelistrikan secara global. Diharapkan pada tahun 2010 total kapasitas pembangkit listrik tenaga angin secara global mencapai 170 Giga Watt.

Energi kinetik dari massa udara m yang bergerak pada kecepatan v

$$P_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot v^2$$

Mengacu pada luas potongan melintang tertentu A , yang dilewati lintasan udara pada kecepatan v , volume V mengalir melewati unit waktu tertentu, dinamakan aliran volume (**volume flow**) dan laju aliran massa disebut \dot{m} adalah:

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V$$



Gambar 1. Aliran udara yang melewati sebuah luasan rotor

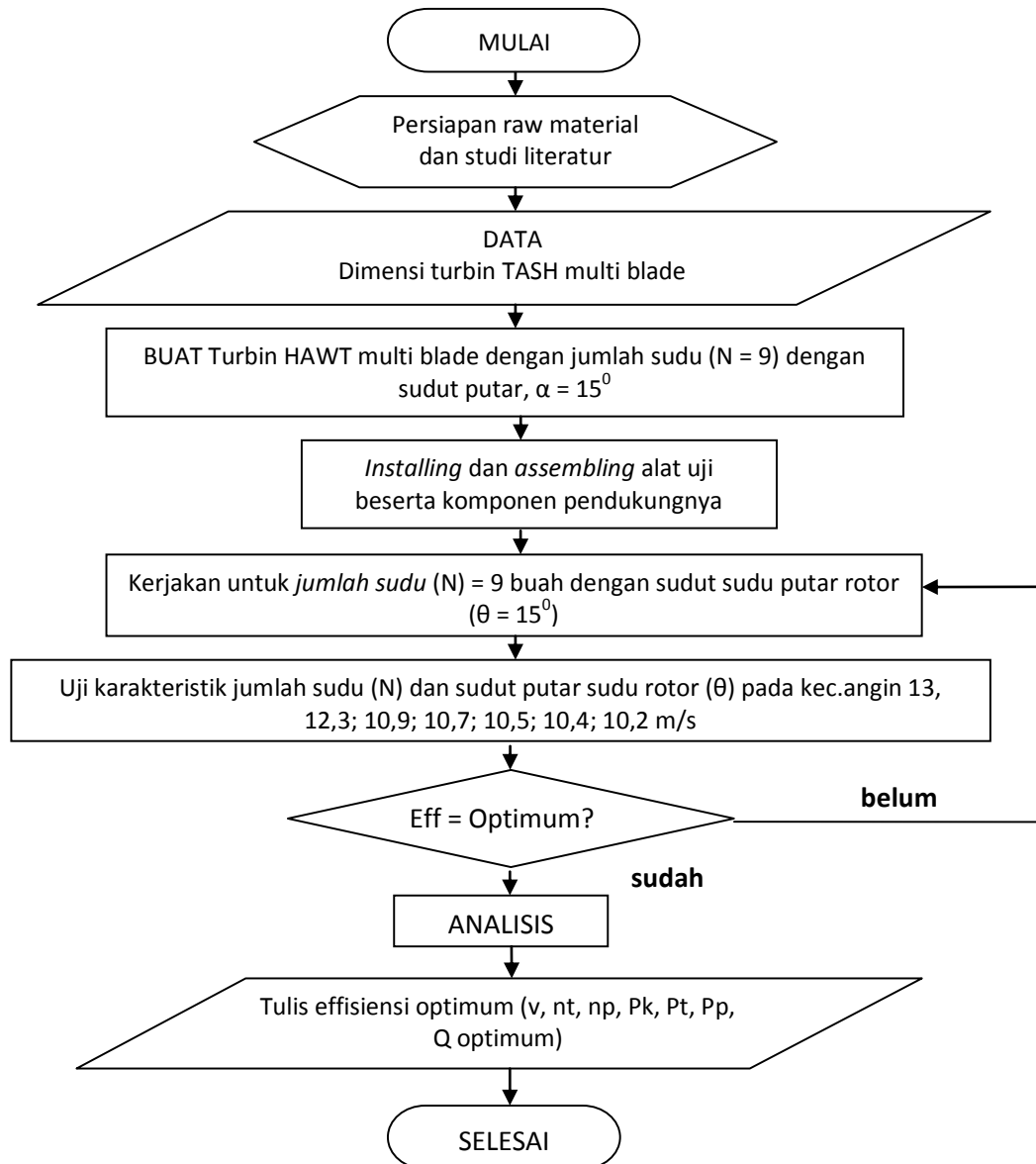
Metode Penelitian

Tahap awal penelitian adalah perancangan alat untuk memperoleh desain dan alternative yang terbaik. Setelah diperoleh hasil perancangan yang terbaik, kemudian dilakukan pembuatan turbin angin tipe TASH beserta instalasi pengujiannya. Turbin angin ini terdiri dari rotor turbin (terdiri dari sudu-sudu turbin), poros, sistem transmisi, pompa, dan sistem perpipaan. *Rotor turbin*, berfungsi untuk merubah energi kinetik kecepatan angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Rotor yang akan dibuat dengan sudu tipe *flate plate multi blades* dengan jumlah sudu 9 buah dan sudut 15^0 . Sudu turbin dibuat dari galvanis tebal 2 mm yang dipotong menggunakan mesin potong dan dilakukan pembentukan sudu turbin sebagai sudu dengan jumlah sudu seperti diatas dengan sudut sudu masing-masing sudu dibuat sama. Diameter rotor turbin ini adalah 900 mm yang disesuaikan dengan perhitungan teoritis. Rotor turbin dilengkapi dengan sebuah poros pejal yang dibuat dari besi St 37 berdiameter 150 mm dengan pengerjaan bubut. Poros turbin ini melekat pada cakra pemegang sudu dan diperkokoh dengan menggunakan 2 buah bearing, yang berfungsi untuk menahan gaya tangensial pada saat sudu berputar. Sudu turbin ini terpasang pada suatu cakra sebagai pemegang sudu akan digunakan mur dan baut ukuran M12. *Rangka*, berfungsi untuk menopang atau menahan dan menempatkan peralatan pada alat uji seperti rotor turbin, cakra pemegang sudu, poros, pompa, perpipaan dan lain-lain. Rangka dibuat dari baja St 60 profil L ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm dan dibuat kokoh untuk meredam getaran. Pemotongan material menggunakan batu gerinda potong dan gergaji. Setelah dipotong sesuai ukuran maka dilakukan pengerjaan las. Kaki-kaki rangka diberi roda jalan ukuran 4 inchi, berfungsi untuk menahan dorongan akibat kecepatan angin, sehingga turbin akan menjadi stabil disamping itu juga agar praktis dalam pemakaian. *Transmisi*, berfungsi untuk meneruskan energi mekanik putaran poros turbin menuju ke pompa. Transmisi yang digunakan adalah gear dengan perbandingan putaran 2:1. Perbandingan ini memiliki arti bahwa satu kali putaran translasi poros akan menghasilkan tiga kali gerakan langkah torak.

Reservoir air, berfungsi untuk menampung dan mensuplai air. Reservoir air dibuat dari plat baja St 37 dengan tebal 3 mm. Untuk menghindari kebocoran dibuat melalui proses pengerjaan las. Ukuran reservoir air menyesuaikan kebutuhan air pada alat uji turbin. *Instalasi pipa*, berfungsi sebagai penghantar aliran dari reservoir 1 menuju ke reservoir 2. Instalasi pipa terdiri dari pipa-pipa PVC ukuran 2/3 inchi, perlengkapan pipa (sambungan dan belokan), dilengkapi dengan katup kontrol aliran untuk mengatur aliran. *Pompa air*, merupakan pompa torak kerja ganda berfungsi untuk mensirkulasikan air dari bak air/reservoir 1 ke bak air 2/reservoir 2. Pompa torak yang digunakan mempunyai kapasitas $1,5 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan head 2 m.

Alat ukur, digunakan untuk mengukur parameter-parameter yang diperlukan dalam pengujian yang meliputi anemometer untuk mengukur kecepatan angin, Torsi meter untuk mengukur torsi keluaran turbin, Tachometer untuk mengukur putaran poros turbin. Tahap selanjutnya adalah uji karakteristik model. Uji yang dilakukan meliputi uji karakteristik turbin yang dilakukan terhadap

sebuah rotor angin dengan jumlah sudu *flate plate galvanis* 9 buah. Hasil uji berupa grafik karakteristik rotor turbin dibandingkan dengan variasi kecepatan angin dan dikaji unjuk kerjanya. Jika dari rotor turbin angin TASH tersebut belum didapatkan hasil optimum, maka uji dilanjutkan terhadap rotor turbin dengan dengan berbagai variasi kecepatan angin, hingga didapatkan hasil/unjukkerja optimum. Secara singkat, langkah-langkah penelitian dapat dirangkum dalam bentuk *flowchart* seperti pada Gambar dibawah.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Langkah-langkah pengujian meliputi *Pelaksanaan pengujian*, dimana pada tahap ini akan dilakukan pengambilan data. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah kecepatan angin (m/s) yang akan digunakan memutar sudu turbin; putaran poros (rpm), yaitu putaran yang dihasilkan oleh poros turbin setelah sudu turbin dikenai angin dengan kecepatan yang telah ditentukan; torsi (Nm), yaitu besarnya torsi yang dihasilkan dari putaran poros setelah sudu turbin dikenai angin dengan kecepatan yang telah ditentukan; debit air (m³/s), yaitu besarnya kapasitas air yang mampu dipindahkan oleh pompa; daya angin (m/s) daya turbin (watt), yaitu besarnya daya air yang mampu dihasilkan oleh turbin angin; daya hidrolik (watt), yaitu daya yang dihasilkan oleh pompa; efisiensi (%), yaitu perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan. Parameter yang

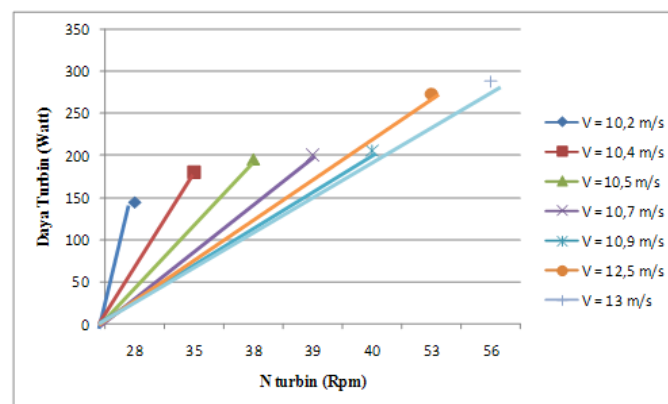
ditentukan dan merupakan variabel dalam penelitian ini adalah kecepatan angin pada rotor turbin TASH yang divariasikan, setiap variasi dilakukan pencatatan terhadap parameter diatas.



Gambar 3. Pengujian karakteristik turbin angin multiblade

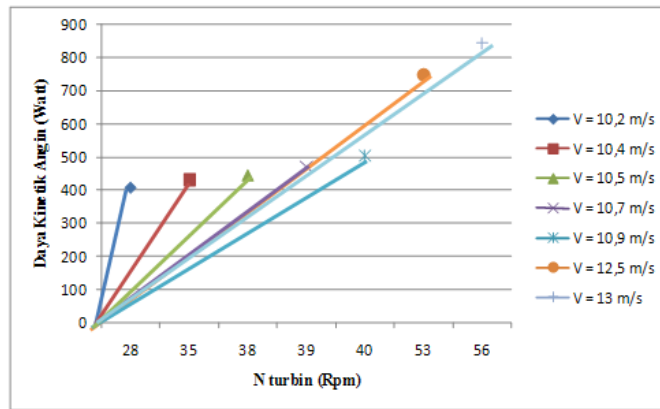
Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian diolah untuk mendapatkan kecepatan angin, daya poros dan daya generator, beban, serta efisiensi turbin. Hasil pengolahan kemudian dipajangkan dalam bentuk grafik karakteristik turbin angin TASH dengan sudu *flate plate multi blade* dibuat dari galvanis. Unjuk kerja turbin angin TASH tersebut dikaji dan dianalisis. Analisis akan menghasilkan kesimpulan pada turbin TASH dengan bentuk sudu *flate plate multi blade* dengan sudut sudu 15^0 yang mempunyai unjuk kerja terbaik.



Gambar 4. Hubungan Antara Daya Turbin Terhadap Putaran turbin

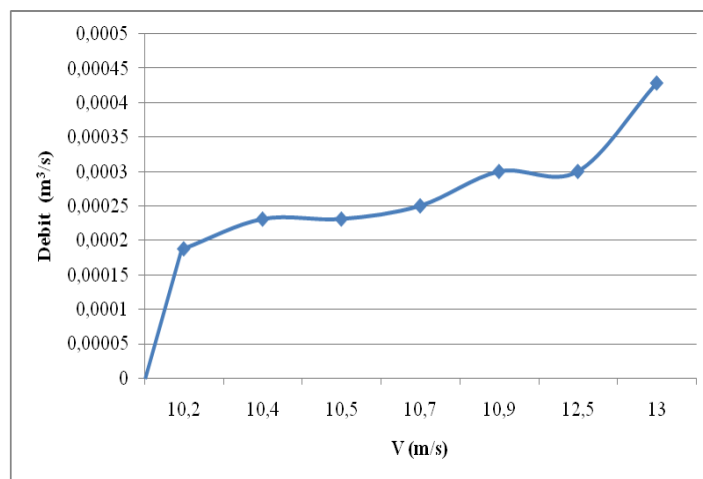
Dari grafik diatas terlihat bahwa semakin tinggi putaran turbin semakin besar daya yang dihasilkan turbin. Dari gambar bisa dilihat bahwa daya turbin tertinggi yaitu 288,51 Watt berada pada kecepatan angin sebesar 13 m/s dan putaran turbin sebesar 56 rpm.



Gambar 5. Hubungan Antara Daya Kinetik Angin Terhadap Putaran Turbin

Bahwa semakin besar putaran turbin maka daya kinetik yang dihasilkan juga semakin besar. Putaran turbin tertinggi sebesar 56 rpm dengan daya kinetik angin sebesar 843,56 Watt pada kecepatan angin 13 m/s.

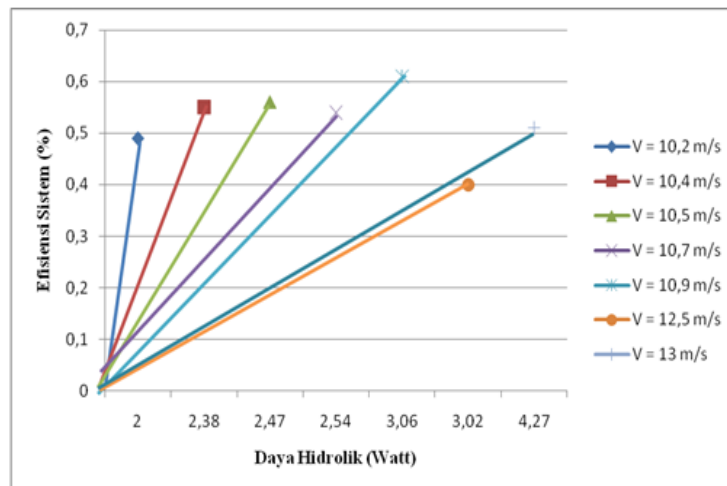
Semakin besar kecepatan angin yang dihasilkan maka debit yang dihasilkan pompa semakin besar. Debit terbesar adalah 0,00429 m³/s pada kecepatan angin 13 m/s.



Gambar 6. Hubungan Antara Debit Terhadap Kecepatan Angin (V)

Terjadi kenaikan efisiensi turbin dari putaran turbin 28 rpm hingga 40 rpm sebesar 35,28 % hingga 40,83 %, kemudian terjadi penurunan efisiensi secara berurutan dari 36,46 % menjadi 34,20 % pada putaran turbin 53 rpm dan 56 rpm. Hal ini dikarenakan turbin angin pada saat kondisi tersebut memiliki nilai C_p (*Coefficient of Power*) dan C_t (*Coefficient of Torque*) yang kecil sebesar 0,36 dan 0,34 serta 1,91 dan 1,76.

Terlihat bahwa terjadi kenaikan secara berurutan efisiensi sistem dari 0,49 % hingga 0,61 % dengan besar daya hidrolis sebesar 2 Watt hingga 3,06 Watt, kemudian terjadi penurunan efisiensi menjadi 0,4 % dengan besar daya hidrolis 3,03 Watt dan kenaikan kembali efisiensi sistem sebesar 0,51 % dengan besar daya hidrolis sebesar 4,27 Watt.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Efisiensi Sistem Terhadap Daya Hidrolik

Keunggulan Teknologi

a. Keunggulan Inovatif

- Merupakan pendekatan teknologi pembangkit tenaga angin menggunakan sudu galvanis.
- Jika diterapkan untuk penggerak mekanik lainnya disesuaikan dengan beban dan daya turbin untuk menghasilkan daya sesuai kebutuhan.

b. Keunggulan Komparatif

- Unggul dalam menghasilkan torsi yang besar dan putaran rendah dan besarnya daya disesuaikan dengan potensi angin sekitar.
- Material yang murah dan mudah didapatkan di pasaran akan menekan biaya produksi

Prospek Aplikasi

- Penerapan kincir angin sebagai penggerak pompa air akan dapat mengurangi biaya produksi, khususnya petani.
- Dukungan material yang murah dan mudah diperoleh dipasaran, akan menekan biaya investasi pembangunan pembangkit.
- Desain turbin untuk kecepatan angin rendah bisa diaplikasikan di seluruh wilayah Indonesia yang memiliki potensi angin sekitar 5 m/s.

Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian pada turbin angin HAWT multiblade, maka dapat disimpulkan : Spesifikasi turbin angin multi blade sumbu horizontal adalah diameter rotor 90 cm, jumlah sudu 9 buah, tinggi menara 2 meter, panjang sudu 43 cm. tinggi sudu sisi luar 12 cm serta sisi dalam 8 cm dan tebal sudu turbin 0,1 cm. Spesifikasi pompa torak kerja ganda adalah diameter silinder 50,8 mm, panjang langkah torak 17 cm, panjang pipa hisap 80 cm, panjang pipa tekan 35 cm, diameter torak 50,8 mm, debit maksimum yang dihasilkan sebesar 1,5444 m³/jam. Efisiensi sistem terbaik pada kecepatan angin 10,5 m/s sebesar 0,61 %, dengan daya hidrolik dan daya kinetik angin masing-masing sebesar 2,47 Watt dan 443,85 Watt. Efisiensi turbin optimum adalah 44,11% dengan debit 0,831 m³/jam, putaran pompa 21,5 rpm, putaran turbin 38 rpm, dan daya turbin 195,78 Watt. Debit terbaik pada kecepatan angin 13 m/s sebesar 1,54 m³/jam, dengan daya hidrolik dan putaran pompa sebesar 4,27 Watt dan 32 rpm. Daya hidrolik terbesar pada kecepatan angin 13 m/s sebesar 4,27 Watt, dengan putaran pompa sebesar 32 rpm. Daya turbin terbesar pada kecepatan angin 13 m/s sebesar 288,51 Watt, dengan putaran turbin sebesar 56 rpm.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Semarang yang telah membiayai penelitian terapan ini melalui DIPA Polines No: 0584/023-04.2.01/13/2011 untuk pelaksanaan Penelitian Terapan No: 502/PL4/PPK/LK/2011. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada

Gatot Suwoto, Suwarti, Teguh HM, dan Budhi Prasetyo yang telah banyak membantu menyelesaikan penelitian terapan ini. Semoga karya ini bermanfaat untuk kita semua. Amiin.

Daftar Pustaka

- AWEA. *The American Wind Energy Association*. <http://www.awea.org>. diakses tanggal 5 Oktober 2009.
- DESDM (Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral). 2005. *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025*, Jakarta.
- BWEA. *The British Wind Energy Association*. <http://www.bwea.com>. diakses tanggal 6 Oktober 2009.
- El-Tous Y. 2008. *Pitch Angle Control of Variable Speed Wind Turbine*. *American Journal of Engineering and Applied Sciences* vol.1 (2). Pp. 118-120.
- Eriksson S, Bernhoff H, and Leijon M. 2008. *Evaluation of Different Turbine Concept for Wind Power*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. vol 12, pp. 1419-1434.
- Freris L.L.1989. *Wind Energy Conversion System*, London, UK : Prentice Hall.
- Herlambang, Yusuf D. 2008. *Unjukkerja Turbin Angin Nibe 3-Sudu Menggunakan Pompa Sudu Luncur untuk Pengambilan Air*. *Jurnal Eksergi*. vol. 4 nomor 2. hal 12-16. ISSN 0216-8685.
- Hofman H dan Harun. *Energi Angin*. Penerbit Binacipta, Jakarta, (1987).
- Leyson E.H. 1983. *Introduction to Wind Energy*. PO BOX 85/Amersfort/The Netherlands: Steering Committee Wind Energy, Developing Countries.
- Winarto A, Andri TW, Gatot SS, Khoirozy. 2003. *Turbin Angin Multi Blade sebagai Penggerak Dinamo Listrik*. *Jurnal Rekayasa Mesin* vol III nomor 6. hal 233-244. ISSN 1411-6863.
- Yu G.H, Zhu X.C, and Du Z.H. 2009. *Numerical Simulation of a Wind Turbine Airfoil Dynamic Stall and Comparison with Experiment*. *Journal of Power and Energy*. DOI:10.1243/09576509JPE942. China.