

---

## DESAIN MODEL TURBIN ANGIN EMPAT SUDU BERBASIS SILINDER SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR

Sunarwo dan Bambang Sumiyarso

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang Fax.(024) 7472396  
e-mail : shda@plasa.com

### Abstrak

Tujuan utama penelitian ini adalah menghasilkan desain turbin angin sederhana, memanfaatkan konstruksi silinder dibelah empat sebagai penggerak mula pompa air. Uji eksperimental pengaruh sudut putar sudu terhadap kinerja turbin angin perlu dilakukan untuk mendapatkan sudut putar sudu optimum. Tahap-tahap penelitian meliputi merancang dan membuat model turbin angin dari konstruksi silinder dibelah empat sebagai penggerak pompa air, uji karakteristik turbin dengan variable sudut putar sudu, dan analisis untuk mendapatkan sudut putar optimum. Turbin angin yang dibuat dengan memanfaatkan konstruksi silinder belah empat ini mempunyai diameter silinder 35,36 cm yang dibelah menjadi empat dan masing-masing bagian selubung silinder berfungsi sebagai sudu turbin. Turbin angin ini memiliki lebar sudu 27,77 cm, tinggi sudu 60 cm, dan tebal sudu turbin 0,3 cm. Berdasarkan pada hasil pengujian, turbin angin memanfaatkan konstruksi silinder belah empat sebagai penggerak mula pompa air, mempunyai sudut bukaan sudu optimum 45°, karena mulai dari bukaan sudu 30° debit dan efisiensi sistem semakin besar sampai pada sudut bukaan 45° dan kemudian menurun setelah di uji antara sudut 50° sampai 45° pada masing-masing kecepatan dengan keluaran debit sebesar 0,000571429 m<sup>3</sup>/det, yang bekerja pada kecepatan 9,92 m/s. Daya hidrolis maksimal yang dihasilkan pompa sebesar 4,184612 watt pada kecepatan angin 9,92 m/s. Efisiensi terbaik dihasilkan pada kecepatan angin 5,66 m/s yaitu sebesar 2,580408292 %, dengan daya kinetis 46,343 watt dan daya hidrolis 1,195 watt. Kecepatan angin minimum yang dibutuhkan oleh turbin angin memanfaatkan konstruksi silinder belah empat untuk dapat berputar dengan sudut optimum 45° adalah 3,9 m/s, yaitu dari hasil pengujian yang kami lakukan, sedangkan kecepatan angin yang dibutuhkan agar pompa dapat bekerja adalah 4,15 m/s dengan putaran mencapai 30 rpm.

**Kata kunci:** Turbin angin, konstruksi silinder, karakteristik turbin angin

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara pemakai energi yang sangat besar di dunia, sebagian besar energi yang digunakan di Indonesia berasal dari energi fosil yang berbentuk minyak bumi dan gas bumi (Alamsyah, 2007). Semakin berkurangnya cadangan minyak dunia, termasuk Indonesia, telah mendorong pemerintah untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar minyak (Kepres no.10 tahun 2005 tentang penghematan energi) dan meningkatkan pemanfaatan sumber energi alternatif yang terbarukan. Salah satu program pemerintah yang saat ini dijalankan adalah pemanfaatan sumberdaya energi lokal untuk mewujudkan Masyarakat Mandiri Energi.

Angin merupakan salah satu sumber energi alternatif yang terbaharukan. Sumber energi angin dapat dimanfaatkan dengan cara mengubah energi tersebut ke dalam bentuk energi mekanik yang lebih berguna. Alat yang berfungsi untuk mengubah energi angin menjadi energi mekanik disebut turbin angin. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin dapat digunakan untuk menggerakkan beban seperti generator listrik, pompa air, dan lain-lain.

Berbagai macam turbin angin yang biasa digunakan saat ini adalah turbin angin jenis Nibe (Gambar 3), savonius (Gambar 4), Darrieus (Gambar 5), dan Maglev (Gambar 6). Turbin-turbin tersebut memiliki desain yang rumit dan cara pembuatannyapun memerlukan keahlian khusus. Pengembangan desain turbin angin ke arah yang lebih sederhana sangat diperlukan, agar masyarakat dapat secara mandiri memanfaatkan potensi angin di daerahnya untuk memenuhi kebutuhan energi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan desain turbin angin yang sederhana memanfaatkan konstruksi silinder dibelah empat untuk menggerakkan pompa air. Keberhasilan penelitian diharapkan dapat langsung digunakan oleh masyarakat sebagai pompa irigasi tanpa bahan bakar.

Tujuan utama penelitian ini adalah menghasilkan desain turbin angin sederhana, memanfaatkan konstruksi silinder dibelah empat sebagai penggerak mula pompa air. Uji

eksperimental pengaruh sudut putar sudu terhadap kinerja turbin angin perlu dilakukan untuk mendapatkan sudut putar sudu optimum.

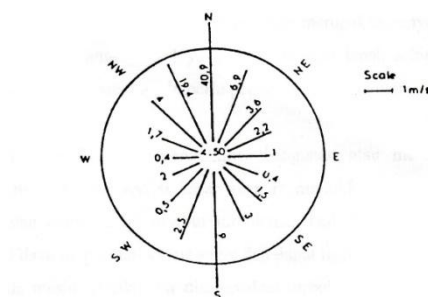
## TINJAUAN PUSTAKA

### Gambaran Umum Potensi Tenaga Angin

Angin merupakan salah satu energi alternatif yang disediakan oleh alam yang dapat menggerakkan suatu alat untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik angin yang nantinya dapat dimanfaatkan sebagai penggerak pompa air, generator, dan sebagainya. Rotor (sudu) pada turbin angin digunakan sebagai alat pengkonversi energi angin tersebut. Angin terjadi karena perbedaan suhu atau temperatur antara udara panas dan udara dingin. Di daerah khatulistiwa yang panas udara menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan sehingga naik ke atas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin, misalnya daerah kutub. Energi angin merupakan suatu bentuk energi yang berasal dari angin yang akan diubah menjadi energi mekanik atau energi lain yang diinginkan.

Dalam prakteknya, setiap standar yang penting dari perincian arah baling-baling yang dimiliki stasiun badan meteorologi akan merekam kecepatan angin dan arahnya secara simultan (serempak). Data yang diobservasi menunjukkan bahwa arah angin secara permanen bergerak mengelilingi sumbu utama. Menggunakan pembacaan harian diketahui dalam tiap tempat, suatu diagram kutub (polar) yang dapat dibentuk menunjukkan persentase waktu selama angin yang telah berhembus dari tiap arah. Panjang vektor radial dipilih sehingga proporsional terhadap kecepatan angin utama dalam perhitungan arahnya.

Jenis diagram pada Gambar 1 disebut dengan *wind rose*, dapat dibentuk setiap jam dalam tiap harinya atau tiap bulannya. Dengan menguji rangkaian grafiknya, memungkinkan untuk mengikuti variasi arah angin selama satu hari atau selama satu tahun. (Desire Le G., 1982)



Gambar 1. Diagram *Wind Rose*

Daya keluaran dari rotor angin akan bertambah jika kecepatan angin bertambah pula, karena kecepatan angin merupakan faktor yang paling besar dalam menentukan daya. Hal ini berarti bahwa penentuan tempat dan peletakan kincir angin sangat menentukan. Penempatan kincir angin dapat dilakukan pada tanah datar atau perbukitan. Hal-hal ini yang perlu dipertimbangkan pada penempatan kincir angin.

### Turbin Angin Hasil Penelitian Sebelumnya

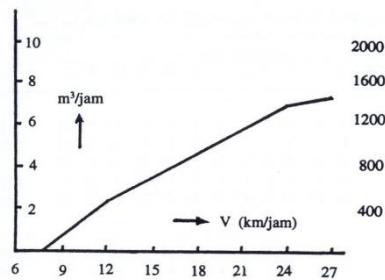
Winarto dkk. (2003) membuat model turbin angin multi blade yang digunakan untuk menggerakkan dinamo listrik. Pada kecepatan angin di atas 10 m/s, generator dapat menghasilkan listrik tegangan 220 V, namun pada kecepatan rendah turbin angin tidak dapat memberikan putaran yang diinginkan sehingga tegangan listrik yang dihasilkan rendah.

Rahmat dkk. (2006) melakukan modifikasi jumlah sudu pada Turbin Angin Darrieus dengan Kombinasi Sudu Savonius Satu Tingkat untuk meningkatkan efisiensi turbin. Hasil uji menunjukkan peningkatan efisiensi yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan turbin tunggal.

Penelitian yang lain juga telah dilakukan oleh Hartanto dkk. (2007), yaitu Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Sudut Sudu. Penelitian ini dilakukan sebagai usaha untuk meningkatkan unjuk kerja turbin angin melalui optimasi jumlah sudut sudu pengarah. Hasil uji menunjukkan sudut sudu mempengaruhi unjuk kerja turbin angin.

Model turbin angin untuk menggerakkan pompa air dibuat oleh Bondan dkk. (2007). Hasil uji model ini dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil uji tersebut menunjukkan model yang dibuat

Bondan memiliki kemampuan yang baik dan layak untuk dikembangkan. Sebagai contoh untuk kecepatan angin 18 km/jam atau 5 m/s dapat menghasilkan debit air 4 m<sup>3</sup>/jam. Model pompa dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 2. Hasil uji model pompa dengan penggerak turbin angin buatan Bondan

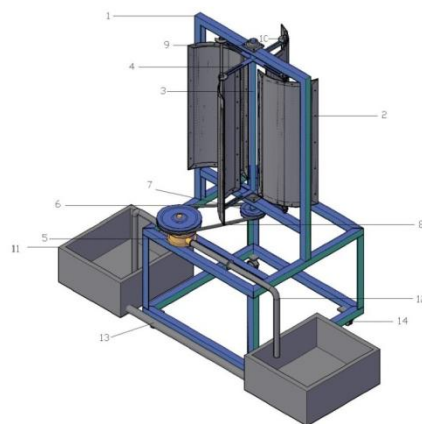


Gambar 3. Model pompa dengan penggerak turbin angin buatan Bondan (2007)

## METODOLOGI

Penelitian diawali dengan membuat model turbin angin yang dibuat dari konstruksi silinder dibelah 4. Dimensi dari turbin angin dengan konstruksi silinder belah empat relatif kecil menyesuaikan dimensi blower (sebagai alat bantu pengujian), dimana diketahui diameter blower = 70 cm. Dimensi sudu yang kami buat berasal dari silinder dengan diameter = 35,36 cm. Hal ini berdasar pada perhitungan, bahwa jika sudu dibuka maksimal (90°) akan menghasilkan diameter terluar bukaan sudu 59,73 cm, artinya diameter sudu setelah dibuka maksimal tidak akan melebihi diameter blower, sehingga yang kami harapkan angin yang dihasilkan bisa dimanfaatkan secara maksimal. Jari-jari masing-masing sudu turbin diperoleh dari keliling lingkaran dibagi empat,

Bahan terbuat dari bahan galvanis, dengan tebal 3 mm. Pemilihan bahan dipertimbangkan dengan maksud meringankan kerja poros untuk memutar sudu tersebut. Sudu-sudu turbin kemudian dirangkai dengan pemegang sudu. Bilah-bilah silinder yang berfungsi sebagai sudu dapat diatur sudut putarnya pada pemegang sudu. Selanjutnya model turbin angin dirangkai pada instalasi pengujian seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Instalasi turbin angin konstruksi silinder belah empat: (1) Rangka; (2) Sudu; (3) Poros; (4) Pemegang sudu; (5) Pompa; (6) Puli pompa; (7) Puli penggerak; (8) Sabuk; (9) Bearing; (10) Busur; (11) Reservoir; (12) Pipa pvc; (13) Pipa penghubung; (14) Roda.

Tahap berikutnya adalah uji karakteristik system turbin angin dengan variabel sudut sudu (sudut putar bagian selubung silinder). Parameter yang diukur adalah putaran turbin angin, kecepatan dan laju massa angin, Head dan debit air yang dihasilkan oleh pompa torak. Data data pengujian diolah dan ditampilkan dalam bentuk kurva-kurva karakteristik turbin angin. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan secara diskriptif kurva-kurva karakteristik model turbin angin pada berbagai sudut sudu. Antara lain yang dibandingkan adalah putaran, daya hidrolis, dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil rancangan model turbin angin

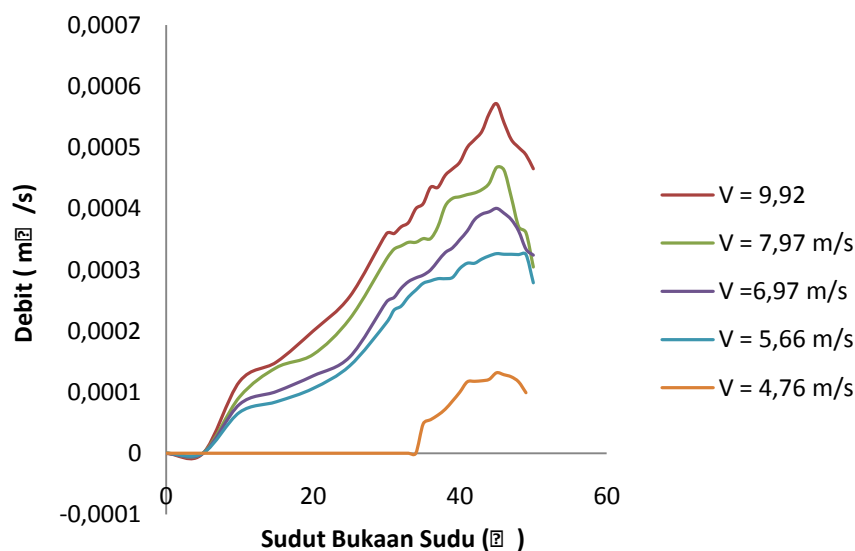
Hasil rancangan model turbin angin basis konstruksi silinder belah empat sebagai penggerak pompa dapat dilihat pada gambar 9. Prinsip kerja dari alat ini adalah mengubah energi angin menjadi energi mekanik. Proses pengubahan energi terjadi pada sudu turbin, dimana gaya tangensial yang memutar turbin didapat dari perubahan laju momentum angin pada sudu. Kerja mekanik poros turbin ditransmisikan ke poros pompa dan digunakan untuk memutar pompa. Turbin angin yang dibuat dengan memanfaatkan konstruksi silinder belah empat ini mempunyai diameter silinder 35,36 cm yang dibelah menjadi empat dan masing-masing bagian selubung silinder berfungsi sebagai sudu turbin. Turbin angin ini memiliki lebar sudu 27,77 cm, tinggi sudu 60 cm, dan tebal sudu turbin 0,3 cm.

### Hasil Uji Kinerja Turbin Angin pada berbagai Sudut Putar Sudu

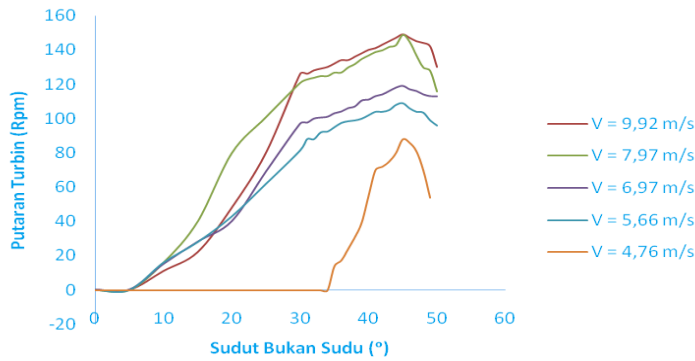
Pengujian Turbin Angin Memanfaatkan Konstruksi Silinder Belah Empat sebagai Penggerak Mula Pompa Air bertujuan untuk mendapatkan karakteristik kinerja turbin angin pada berbagai sudut bukaan sudu. Berdasarkan karakteristik tersebut dikaji untuk mendapatkan sudut bukaan sudu optimum. Data yang ditentukan dan merupakan variable pengujian adalah sudut bukaan sudu. Data-data yang diukur meliputi putaran, kecepatan angin, head, dan volume air sebagai keluaran pompa. Hasil uji ditampilkan dalam bentuk grafik-grafik karakteristik.

Berdasarkan pada gambar 10, yaitu grafik hubungan antara perubahan sudut bukaan sudu turbin terhadap debit yang dihasilkan pompa, dapat dilihat bahwa sudut bukaan sudu mempengaruhi jumlah debit yang dihasilkan oleh pompa. Pada sudut bukaan sudu  $10^{\circ}$ - $30^{\circ}$  menghasilkan debit keluaran pompa lebih rendah sampai mencapai titik puncak yang menghasilkan debit maksimal pada masing-masing kecepatan. Dari grafik 6.1 bisa dilihat bahwa debit tertinggi yaitu  $0,000571429 \text{ m}^3/\text{dt}$  berada pada saat bukaan sudu  $45^{\circ}$  dengan kecepatan 9,92 m/s.

Kemudian debit keluaran pompa menurun pada sudut bukaan sudu di atas  $45^{\circ}$  dari hasil ini dapat ditunjukkan bahwa sudut bukaan sudu  $45^{\circ}$  merupakan sudut bukaan sudu optimum dimana debit yang dihasilkan pompa adalah yang paling besar dan berlaku pada semua kecepatan yang telah diuji.

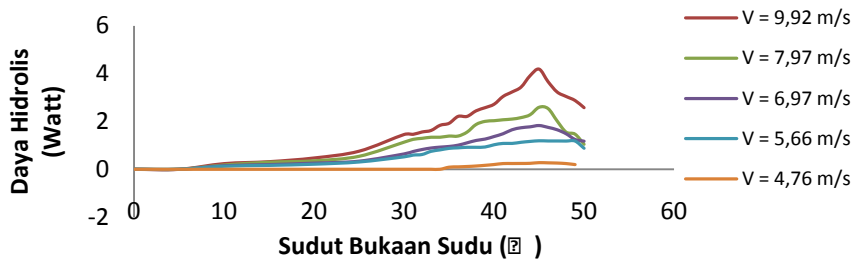


Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Sudut Bukaan Sudu Terhadap Debit

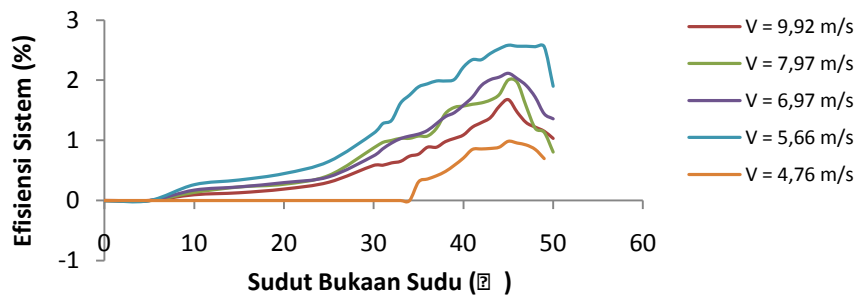


Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Sudut Bukaannya Terhadap Putaran

Berdasarkan Gambar 11 bisa dilihat bahwa sudut bukaan mempengaruhi putaran yang dihasilkan oleh turbin. Hal ini dikarenakan pada bukaan sudut yang kecil angin tidak bisa menumbuk penampang sudu turbin dengan maksimal sehingga putarannya pun tidak maksimal. Dan pada gambar di atas putaran maksimum dari masing-masing kecepatan dihasilkan oleh sudut bukaan sudu  $45^{\circ}$ . Kecepatan angin minimum yang dibutuhkan untuk turbin angin dapat berputar pada bukaan sudu  $45^{\circ}$  adalah 3,9 sedangkan kecepatan angin yang dibutuhkan agar pompa air dapat bekerja adalah 4,15 dengan putaran 30 rpm.



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Sudut Bukaannya Terhadap Daya Hidrolis



Gambar 13. Grafik Hubungan Antara Sudut Bukaannya Terhadap Efisiensi Sistem

Seperti yang terlihat pada gambar 12 bahwa pada sudut bukaan sudu turbin mulai dari  $10^{\circ}$  daya hidrolis yang dihasilkan pompa yaitu lebih rendah dan cenderung bertambah sampai pada sudut sudu jalan  $45^{\circ}$  mencapai puncak. Tetapi pada sudut bukaan sudu turbin  $45^{\circ}$  ke atas sampai pada sudut sudu jalan turbin  $50^{\circ}$  daya hidrolis yang dihasilkan pompa terus menurun. Dari pengamatan grafik ini dapat diketahui bahwa sudut bukaan sudu turbin yang menghasilkan daya hidrolis pompa yang paling banyak adalah pada bukaan sudu sudu  $45^{\circ}$  yaitu sebesar 4,184612 Watt. Hal ini tidak jauh berbeda pada kecepatan angin yang lain.

Dalam menentukan sudut bukaan sudu optimum maka kita harus mencoba sudut sudu jalan mulai dari  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ..... $50^{\circ}$ . Setelah menguji semua sudut tersebut kemudian didapatkan sudut bukaan sudu turbin terbaik yaitu pada sudut sudu jalan  $45^{\circ}$ , karena mulai dari sudut bukaan sudu  $10^{\circ}$  efisiensi sistem terus naik sampai mencapai sudut bukaan sudu  $45^{\circ}$  dan kemudian menurun setelah diuji antara  $45^{\circ}$  sampai  $50^{\circ}$  karena dimungkinkan sudut bukaan sudu optimum terletak diantara sudut bukaan sudu tersebut. Setelah dicoba ternyata pada sudut bukaan

sudu  $44^{\circ}$  efisiensi sistem adalah 2,522448711 % pada kecepatan 5,66 m/s masih lebih rendah dari sudut sudu jalan  $45^{\circ}$  yaitu sebesar 2,580408293 % dan pada percobaan sudut sudu jalan  $46^{\circ}$  efisiensi sistem adalah 2,563617703 % yang juga masih lebih rendah dari efisiensi sistem pada sudut sudu jalan  $45^{\circ}$ . Pengamatan ini dilakukan berdasarkan pada gambar 6.4 di atas yang menjelaskan hubungan antara perubahan sudut bukaan sudu terhadap efisiensi sistem. Jadi dapat dikatakan bahwa sudut bukaan sudu optimum terletak pada posisi sudut sudu jalan  $45^{\circ}$  yang memiliki efisiensi sebesar 2,580408293 %. Hal ini juga terbukti pada kecepatan angin yang lain.

## KESIMPULAN

1. Turbin angin yang dibuat dengan memanfaatkan konstruksi silinder belah empat ini mempunyai diameter silinder 35,36 cm yang dibelah menjadi empat dan masing-masing bagian selubung silinder berfungsi sebagai sudu turbin. Turbin angin ini memiliki lebar sudu 27,77 cm, tinggi sudu 60 cm, dan tebal sudu turbin 0,3 cm.
2. Berdasarkan pada hasil pengujian, turbin angin memanfaatkan konstruksi silinder belah empat sebagai penggerak mula pompa air, mempunyai sudut bukaan sudu optimum  $45^{\circ}$ , karena mulai dari bukaan sudu  $30^{\circ}$  debit dan efisiensi sistem semakin besar sampai pada sudut bukaan  $45^{\circ}$  dan kemudian menurun setelah di uji antara sudut  $50^{\circ}$  sampai  $45^{\circ}$  pada masing-masing kecepatan dengan keluaran debit sebesar 0,000571429 m<sup>3</sup>/det, yang bekerja pada kecepatan 9,92 m/s. Daya hidrolis maksimal yang dihasilkan pompa sebesar 4,184612 watt pada kecepatan angin 9,92 m/s. Efisiensi terbaik dihasilkan pada kecepatan angin 5,66 m/s yaitu sebesar 2,580408292 %, dengan daya kinetis 46,343 watt dan daya hidrolis 1,195 watt.
3. Kecepatan angin minimum yang dibutuhkan oleh turbin angin memanfaatkan konstruksi silinder belah empat untuk dapat berputar dengan sudut optimum  $45^{\circ}$  adalah 3,9 m/s, yaitu dari hasil pengujian yang kami lakukan, sedangkan kecepatan angin yang dibutuhkan agar pompa dapat bekerja adalah 4,15 m/s dengan putaran mencapai 30 rpm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah H. 2007. *Pemanfaatan Turbin Angin Dua Sudu Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Wikipedia press.  
[http://www.id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](http://www.id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin)
- A. Koehuan Verdy. 2009. *Renewable Energy Systems Fluid Dynamics and Wind Energy*, Laboratorium Mesin Fluida Jurusan Teknik Mesin : UNDANA
- Arwoko Heru. Seminar 1 Maret 1999. *Desain Turbin Angin*. Departemen MIPA UBAYA
- AWEA. 2004. *The American Wind Energy Association*. <http://www.awea.org>.
- Bondan PA, Rilyandi H, Yuli R. 2007. *Rancang Bangun Turbin Angin Savonius sebagai Penggerak Pompa Sudu Luncur*. Jurnal Eksergi Vol 3 nomor 1. hal 8-13. ISSN 0216-8685
- BWEA. 2002. *The British Wind Energy Association*. <http://www.bwea.com>
- Hartanto W. 2007. *Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Sudu Sudu*. Polines. Semarang
- Hofman H dan Harun. 1987. *Energi Angin*. Penerbit Binacipta, Jakarta
- Gouries Le Desire. 1982. *Wind Power*. Noyes Data Corporation : New Jersey
- Leysen E. H. 1983. *Introduction To Wind Energy, Basic and Advance Introducing To Wind Energy with Emphasisi on Water Pumping Wingmills*. By Development Cooperation : Netherland
- Pudjanarsa, Astu dan Djati Nursuhud. 2006. *Mesin Konversi Energi*. CV. Andi. Yogyakarta.
- Rahmat, Arum Y, Adi ND. 2006, *Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Darrieus Terhadap Variasi Jumlah Sudu dengan Kombinasi Sudu Savonius Satu Tingkat*, Polines, Semarang
- Sularso. Ir, Haruo Tahara. 2002. *Pompa & Kompresor*. PT.Pradnya Paramita : Jakarta
- Sularso dan Kiyakatsu Suga. 1994. *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Pradnya paramita : Jakarta
- S. Widodo, Herman dan Ranald V. Giles. 1990. *Mekanika Fluida dan Hidraulika*. Erlangga : Jakarta
- White, M . 1991 . *Mekanika Fluida (Fluid Mechanics, Second Edition)*. Erlangga : Jakarta.
- 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.