
KAJI EKSPERIMEN TURBIN ANGIN POROS HORIZONTAL TIPE KERUCUT TERPANCUNG DENGAN VARIASI SUDUT SUDU UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

Bono

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Kotak Pos 6199 SMS, Semarang 50329
Telp. 7473417, 7466420 (Hunting), Fax.7472396.
E-mail : bno_ba61@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan meneliti Turbin Angin poros horisontal tipe Kerucut Terpancung dengan variasi sudut sudu untuk pembangkit listrik tenaga angin. Turbin yang diuji memiliki diameter runner terbesar $D_1=60$ cm, dan diameter runner terkecil $D_2=20$ cm, tinggi kerucut terpancung $H=35$ cm, jumlah sudu $Z=10$ buah, dan variasi sudut sudu. Penelitian ini diawali dengan membuat Turbin Angin poros horisontal tipe Kerucut Terpancung dengan variasi sudut sudu yang terdiri dari runner, dan poros turbin. Runner turbin terdiri dari piringan bentuk kerucut terpancung dan sudu yang dapat diatur sudutnya. Instalasi pengujian terdiri dari komponen utama blower, turbin angin, Generator listrik atau dinamometer turbin, yang dilengkapi alat ukur pengujian meliputi anemometer, tachometer, termometer, Volt meter, Ampere meter dan neraca pegas. Pengujian yang dilakukan meliputi uji karakteristik turbin, dimana sudut sudu divariasikan mulai dari sudut 15^0 . Sampai dengan 60^0 . Parameter yang diukur dalam pengujian adalah kecepatan aliran angin, putaran dan torsi poros turbin. Parameter yang ditentukan dan merupakan variabel dalam penelitian ini adalah sudut sudu, yaitu 15^0 , 30^0 , 45^0 , 60^0 . Beban turbin divariasikan dan setiap variasi dilakukan pencatatan terhadap parameter-parameter diatas. Hasil penelitian terhadap masing-masing sudut sudu turbin pada berbagai kecepatan angin menunjukkan bahwa pada sudut sudu sebesar 30^0 menghasilkan daya mekanik terbesar dibandingkan dengan sudut sudu 15^0 , 45^0 , dan 60^0 . Sedangkan efisiensi total maksimum sebesar 20,75% dicapai pada sudut sudu 30^0 dan kecepatan angin 5 m/s. serta pada putaran 136,7 rpm.

***Kata kunci :** Turbin kerucut terpancung, jumlah sudu*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Penyediaan energi di masa depan merupakan permasalahan yang senantiasa menjadi perhatian semua bangsa karena bagaimanapun juga kesejahteraan manusia dalam kehidupan modern sangat terkait dengan jumlah dan mutu energi yang dimanfaatkan. Bagi Indonesia yang merupakan salah satu negara sedang berkembang, penyediaan energi merupakan faktor yang sangat penting dalam mendorong pembangunan. Seiring dengan meningkatnya pembangunan terutama pembangunan di sektor industri, pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan energi terus meningkat.

Energi listrik yang disediakan oleh P.T.Perusahaan Listrik Negara (PT.PLN) sampai saat ini masih belum dirasakan secara merata oleh masyarakat terutama masyarakat pedesaan yang jauh dari jangkauan jaringan listrik. Oleh karenanya diperlukan sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit energi listrik. Salah satu sumber energi alternatif tersebut adalah *angin atau bayu*. Sumber energi angin dapat dimanfaatkan dengan cara mengubah energi angin ke dalam bentuk energi listrik melalui teknologi sistem pembangkit listrik tenaga angin yang terdiri dari komponen utama yaitu turbin angin alternator, inverter, dan instalasinya.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan masalah seperti yang telah diuraikan, masalah yang hendak diatasi adalah kendala masyarakat dalam pengadaan turbin angin. Isu-isu krisis energi dewasa ini menuntut masyarakat untuk menggali potensi energi alternatif di Indonesia, seperti tenaga angin. Kendala yang dihadapi masyarakat untuk memanfaatkan potensi energi angin adalah teknologi pembuatan turbin yang kurang dipahami oleh masyarakat. Sementara pengetahuan masyarakat tentang teknologi turbin angin masih sangat rendah. Solusi yang ditawarkan adalah dibuatkannya model

turbin yang cara pembuatannya sederhana dan dari bahan yang mudah ditemukan di pasaran yaitu plat galvanis. Angin yang mempunyai kecepatan tertentu melewati sudu dan menggerakkan turbin yang telah di kopel dengan Generator. Dengan variasi besar sudut sudu akan mempengaruhi kinerja turbin, maka dari itu perlu dikaji pengaruh besar sudut sudu turbin terhadap kinerja turbin untuk mendapatkan sudut sudu optimum dimana turbin menghasilkan efisiensi paling baik.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan turbin angin bentuk kerucut terpancing tipe poros horizontal dengan sudut sudu dapat diatur, dan menguji kinerja turbin angin tersebut pada berbagai harga sudut sudu, sehingga didapat harga sudut sudu yang optimum.

1.4 Tinjauan Pustaka

Angin merupakan energi murah dan ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (*Renewable Energy*). Angin dihasilkan secara hukum alam karena adanya perbedaan tekanan udara pada suatu daerah tertentu. Perbedaan tekanan timbul akibat matahari memanaskan pada daerah tertentu sehingga atmosfer disekitarnya menjadi hangat, atau dengan kata lain suhu udara di daerah tersebut naik. Dengan naiknya suhu maka akan menaikkan tekanan udara pada daerah tersebut. Sementara di lain tempat ada daerah yang masih dingin, hal tersebut merupakan daerah dengan tekanan udara relatif rendah. Adanya perbedaan tekanan udara tersebut, maka udara akan bergerak dari daerah dengan udara bertekanan tinggi menuju ke daerah dengan udara bertekanan rendah. Perpindahan udara tersebut yang sehari - hari kita kenal dengan nama *angin*.

a. Daya Total Energi Angin (Daya input)

Daya input total aliran angin yang masuk pada daerah hembusan angin, dengan laju aliran massa udara (\dot{m}), yang mengalir pada suatu penampang (A) dengan kecepatan (v), diperoleh dengan rumus (Leysen, 1983). Besarnya daya input kinetis dapat dihitung dengan persamaan :

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

di mana ρ adalah massa jenis udara (kg/m^3), A adalah luas sapuan rotor turbin (m^2), v adalah kecepatan angin (m/s), P_{in} adalah daya input (watt)

Sedangkan daya maksimum yang mampu dibangkitkan oleh turbin dapat diperoleh dengan cara mendiferensialkan daya input terhadap kecepatan dan menjadikan turunannya sama dengan nol, sehingga didapat :

$$P_{mak} = \frac{8}{27} \rho A v^3$$

b. Daya Aktual (daya output)

Besarnya daya keluaran turbin dipengaruhi sudut kecepatan masuk dan sudut kecepatan aliran meninggalkan sudu. Efisiensi yang didapat diatas dengan mengasumsikan kondisi ideal sepanjang sudu masuk. Daya keluaran suatu turbin angin tergantung kepada daya input yang dihasilkan oleh angin, efisiensi aerodinamik rotor, efisiensi transmisi, dan efisiensi generator, dimana hubungannya ditunjukkan pada persamaan sbb :

$$P_{akt} = \eta_t \frac{1}{2} \rho A v^3$$

dimana efisiensi total dari turbin angin (η_t) yang meliputi efisiensi aerodinamik rotor, transmisi, dan generator. Harga ini berkisar antara 30 % - 40 %.

Daya poros turbin angin tipe horizontal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_t = \omega \cdot T = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60}$$

di mana T adalah torsi (Nm), n adalah kecepatan putaran rotor (rpm), P_t adalah daya yang di hasilkan (watt)

c. Efisiensi Maksimum (η_{mak})

Efisiensi maksimum atau efisiensi teoritis, dari sebuah turbin angin adalah perbandingan antara daya maksimum yang dihasilkan terhadap daya input angin yang masuk turbin, jadi

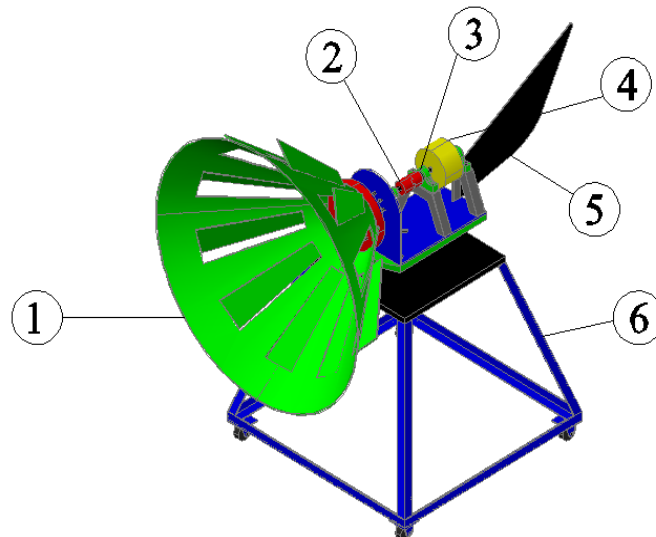
$$\eta_{mak} = \frac{P_{mak}}{P_{in}} = \frac{\frac{8}{27} \rho A v^3}{\frac{1}{2} \rho A v^3} = 0,5926$$

Dengan kata lain, secara teoritis energi angin yang diubah turbin menjadi kerja adalah sebesar 59,26 % dari total daya yang diberikan angin. Faktor 0,5926 atau 16/27

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan membuat turbin angin tipe kerucut terpancung yang terdiri dari runner turbin, poros, ekor, dan kerangka. *Runner* turbin terdiri dari piringan berbentuk kerucut terpancung dan sudu berbentuk bilah yang dirangkum menjadi satu. *Runer* yang dibuat mempunyai sudu yang dapat diatur besar sudutnya. Runner dan sudu dapat dibongkar-pasang pada instalasi pengujian.

Instalasi pengujian terdiri dari komponen utama blower, turbin angin, Generator listrik atau dinamometer turbin, yang dilengkapi alat ukur pengujian meliputi anemometer, tachometer, termometer, Volt meter, Ampere meter dan neraca pegas.



Gambar 1. Turbin angin kerucut terpancung yang direncanakan (1). Piringan turbin, (2). Kopleing, (3). Bearing, (4). Generator, (5). Ekor, (6). Kerangka

Pengujian yang dilakukan meliputi uji karakteristik turbin, dimana sudut sudu divariasikan mulai dari sudut 15° . Sampai dengan 60° , sedangkan kecepatan angin bervariasi mulai dari 5 m/s sampai dengan 9 m/s. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah debit aliran, angin, putaran dan torsi poros turbin, tegangan dan arus generator. Parameter yang ditentukan dan merupakan variabel dalam penelitian ini adalah sudut sudu, yaitu 15° , 30° , 45° , 60° , Beban turbin divariasikan dan setiap variasi dilakukan pencatatan terhadap parameter-parameter diatas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Piringan putar (*runner*) turbin angin yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai dimensi sebagai berikut : diameter piringan putar terkecil 20 cm, diameter piringan putar terbesar 60 cm, jumlah sudu $Z = 10$ buah.

Grafik hubungan antara daya mekanik, efisiensi total terhadap putaran turbin pada berbagai sudut sudu (15° , 30° , 45° , 60°), dan pada berbagai kecepatan angin dapat dilihat seperti pada gambar 2 dan gambar 8, berikut.

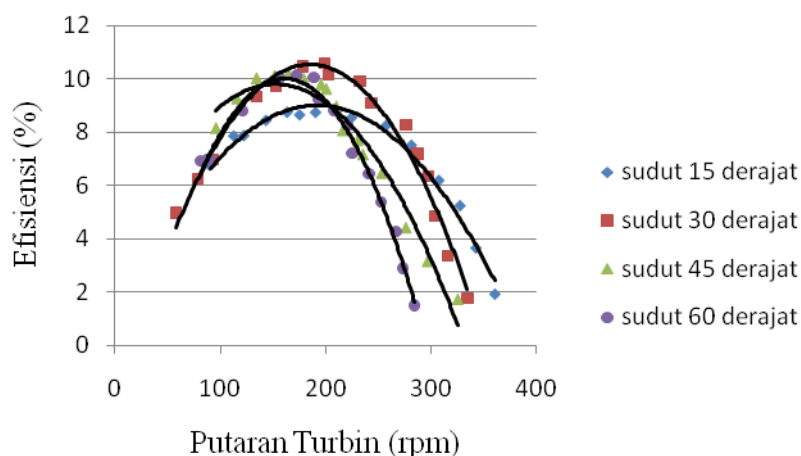
3.1. Grafik Hubungan antara Putaran Poros dan Efisiensi pada Berbagai Sudut Sudu untuk Masing-Masing Kecepatan Angin

Dari hasil pengujian dapat digambarkan grafik hubungan antara putaran turbin dengan efisiensi pada total pada berbagai kecepatan angin dan posisi sudut sudu seperti pada gambar 2 sampai dengan gambar 4.

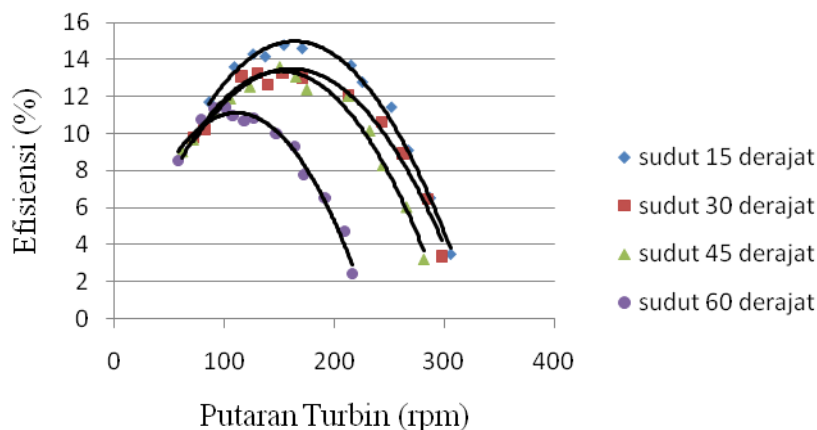
Seperti pada daya mekanik, hal yang sama juga terjadi pada efisiensi total, yaitu efisiensi total semakin bertambah besar seiring dengan bertambahnya kecepatan turbin, sampai pada putaran tertentu efisiensi total akan mencapai maksimum, selanjutnya efisiensi total akan semakin berkurang meskipun putaran turbin terus bertambah besar. Hal ini sesuai dengan persamaan efisiensi total, dimana efisiensi total berbanding lurus dengan daya mekanik, sehingga jika daya mekanik merupakan fungsi dari kuadrat kecepatan, maka efisiensi total juga merupakan fungsi kuadrat kecepatan, sehingga kurva efisiensi total terhadap putaran juga merupakan garis lengkung (persamaan kuadrat).

Efisiensi yang dihasilkan turbin pada kecepatan angin 9 m/s, sebesar 10,59 %, pada putaran turbin 198,6 rpm, dan posisi sudut sudu sebesar 30° (gambar 2), sedangkan pada kecepatan angin 7 m/s, efisiensi yang dihasilkan sebesar 14,78 %, terjadi pada posisi sudut sudu 15° dan putaran turbin 153,9 rpm (gambar 3), dan pada kecepatan angin 5 m/s, efisiensi yang dihasilkan sebesar 20,57 %, terjadi pada posisi sudut sudu 30° dan putaran turbin 136,7 rpm (gambar 4).

Terlihat dari ketiga grafik tersebut, bahwa efisiensi total terbesar yang mampu dihasilkan adalah sebesar 20,57 % pada kecepatan angin 5 m/s.

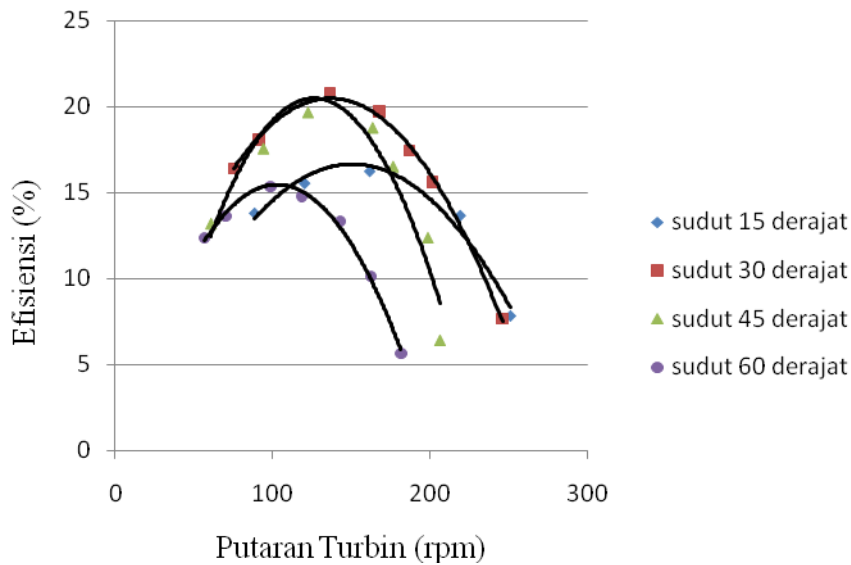


Gambar 2. Grafik Hubungan Putaran Poros dan Efisiensi pada kecepatan Angin 9 m/s



Gambar 3. Grafik Hubungan Putaran Poros

dan Efisiensi pada kecepatan Angin 7 m/s



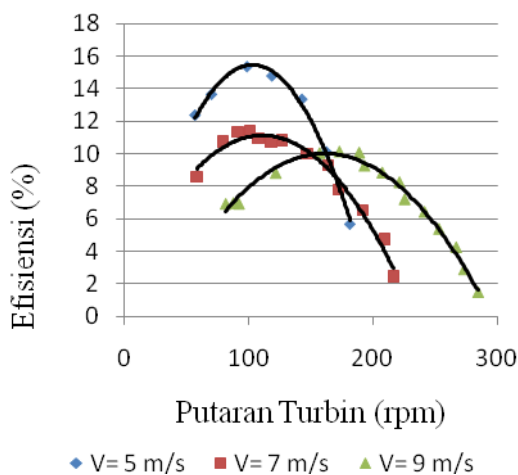
Gambar 4. Grafik Hubungan Putaran Poros dan Efisiensi pada kecepatan Angin 5 m/s

3.2. Grafik Hubungan Antara Putaran Terhadap Efisiensi pada Berbagai Variasi Kecepatan Angin untuk Masing-Masing Buka-an Sudut Sudu.

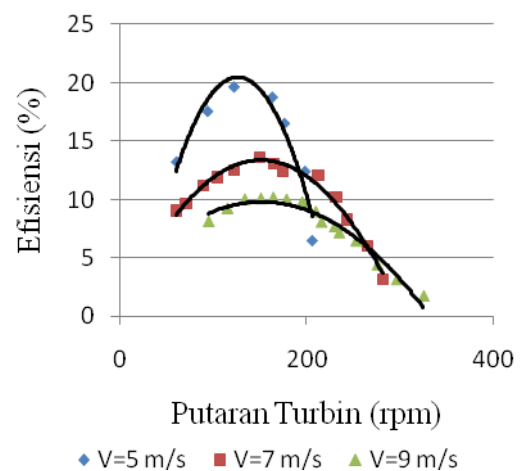
Dari hasil pengujian, hubungan putaran turbin dengan efisiensi total yang dihasilkan jika digambarkan sesuai dengan posisi sudut sudu dan pada berbagai harga kecepatan angin dapat dilihat pada gambar 5 sampai dengan gambar 8.

Pada gambar 5, harga efisiensi tertinggi turbin pada sudut sudu 60⁰ dan berbagai variasi kecepatan 9 m/s, 7 m/s, dan 5 m/s, adalah sebesar 15,35 %, terjadi pada kecepatan angin 5 m/s dan putaran poros 98,7 rpm, sedangkan pada gambar 6, harga efisiensi tertinggi turbin pada sudut sudu 45⁰ dan berbagai variasi kecepatan 9 m/s, 7 m/s, dan 5 m/s, adalah sebesar 19,64 %, terjadi pada kecepatan angin 5 m/s dan putaran poros 122,5 rpm.

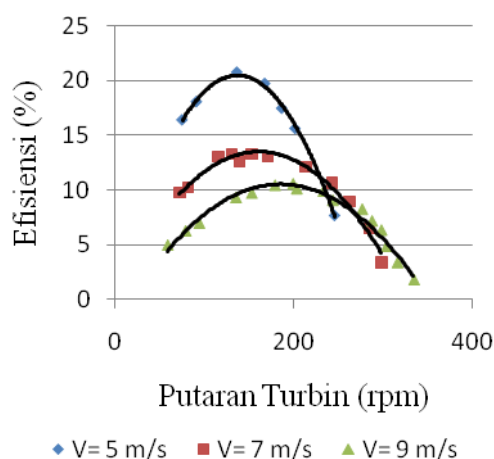
Pada gambar 7, efisiensi tertinggi turbin pada sudut sudu 30⁰ dan berbagai variasi kecepatan 9 m/s, 7 m/s, dan 5 m/s, adalah sebesar 20,75 %. terjadi pada kecepatan angin 5 m/s saat putaran poros 136,7 rpm, sedangkan pada gambar 8, efisiensi tertinggi turbin pada sudut sudu 15⁰ dan berbagai variasi kecepatan 9 m/s, 7 m/s, dan 5 m/s adalah sebesar 16,22 %, terjadi pada kecepatan angin 5 m/s saat putaran poros 161,8 rpm.



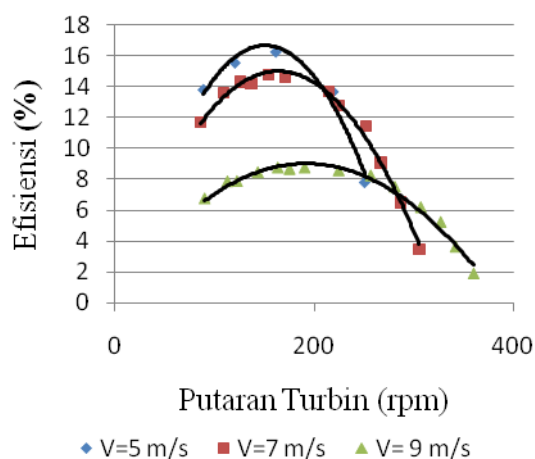
Gambar 5. Grafik hubungan antara putaran poros dan efisiensi turbin pada sudut sudu 60⁰



Gambar 6. Grafik hubungan antara putaran poros dan efisiensi turbin pada sudut sudu 45⁰



Gambar 7. Grafik hubungan antara putaran poros dan efisiensi turbin pada sudut sudu 30°



Gambar 8. Grafik hubungan antara putaran poros dan efisiensi turbin pada sudut sudu 15°

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis Turbin Angin Kurucut Terpancung, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya mekanik yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan angin, dan posisi sudut sudu, semakin besar kecepatan angin semakin besar pula daya mekanik yang dihasilkan. Daya mekanik tertinggi yang mampu dibangkitkan adalah sebesar 22,58 watt, pada kecepatan angin sebesar 9 m/s dan posisi sudut sudu sebesar 30° .
2. Efisiensi total tertinggi yang mampu dihasilkan turbin pada berbagai posisi sudut sudu terjadi pada kecepatan angin 5 m/s. yaitu sebesar 20,75 % pada posisi sudut sudu 30° .
3. Nilai efisiensi tertinggi untuk setiap bukaan sudut sudu, pada kecepatan angin 5 m/s adalah sebagai berikut : Sudut sudu 60° , efisiensi sebesar 15,35%, Sudut sudu 45° , efisiensi sebesar 19,64%, Sudut sudu 30° , efisiensi sebesar 21,27%, Sudut sudu 15° , efisiensi sebesar 16,22%

DAFTAR PUSTAKA

- Ammara I., Masson C., Leclerc C., *A Viscous Three-Dimensional Differential/Actuator-Disk Method for the Aerodynamic Analysis of Wind Farms*,
 AWEA. 2004. The American Wind Energy Association. <http://www.awea.org> diakses tanggal 4 April 2012
 Conway J.T., Exact Actuator Disk Solutions for non-uniform heavy loading and slipstream contraction, *J. Fluid Mechanics*, Vol. 365, pp. 235-267, (1998).
 Lysen, EH. 1983. *Introduction to Wind Energy. 2nd Edition, Amersfoort, Netherlands, Consultancy Services Wind Energy Developing Countries*
 Master Flow Energy, Wind Funnel Turbine. <http://www.vortexwindfunnel.com>, diakses tanggal 6 April 2012
 Masson C., Leclerc C., Predictions of Unsteady HAWT Aerodynamics, Proceedings of WINDPOWER' 98, pp. 385-394, Bakers'eld, 1998.
 Masson C., Leclerc C., *Wind Turbine Performance Predictions using a Differential Actuator-Lifting Disk Modeling*
Wall Such as a Stent. Weber et al, US 6,743,463 B2, Jun. 1, 2004.