

PENGARUH JUMLAH BLADE SUDU DATAR TERHADAP UNJUK KERJA KINCIR ANGIN

Hary Wibowo¹, Toto Rusianto¹, Rony Afrilisyah²

ABSTRACT

Wind is one of some alternate energy resources in the nature that used to membantu and easily human activity. The aim of this research known the performance of wind mill. The variable in the research with various number of blade 2,3, and 4. Wind mill for the research had spesification flate blade with 20° from wind direction.

The speed of wind and revolution of shaft was measured for calculated power output and teoritical, coefficient performance, efficiency, and torque. Wind turbin tested in Depok resort, Parangtritis - Bantul Yogyakarta.

The result of research showed the number two blade had higher revolution (121,7 rpm) than three blade (102,35 rpm) and four blade (116 rpm).The wind velocity increased to cause increase revolution of shaft. Maximum Power and Torque reached on wind turbin with three blade.

Keyword: wind energy, wind turbin, number of blade,

INTISARI

Angin adalah salah satu sumber energi alternatif yang tersedia di alam yang dapat dimanfaatkan untuk membantu dan mempermudah kerja manusia. Adapun tujuan yang hendak dicapai dari pengujian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja dari kincir angin dan variasi jumlah 2, 3 dan 4 *blade* datar, kemiringan *blade* 20° terhadap arah angin.

Pengukuran meliputi kecepatan angin dan putaran poros yang dihasilkan,. Data-data yang diperoleh dari pengujian tersebut selanjutnya akan diolah untuk memperoleh P_{out} (daya yang dihasilkan), $P_{teoritis}$, koefisien daya (CP), efisiensi daya, dan torsi (T).Pengujian dilakukan di Pantai Depok, Parangtritis-Bantul Yogyakarta.

Dari hasil pengujian dan analisis data maka diperoleh data rata-rata putaran poros yang dihasilkan variasi jumlah 2 *blade* (sudu) datar lebih tinggi (121,7 rpm) dibandingkan 3 *blade* (sudu) datar (102,35 rpm) dan 4 *blade* (116 rpm). Semakin besar kecepatan angin semakin besar pula kecepatan putarnya. Daya dan Torsi maksimum diperoleh pada kincir angin dengan tiga blade.

Katakunci : energi angin, kincir angin, jumlah blade.

PENDAHULUAN

Angin adalah salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan, selain ramah lingkungan, ketersediaannya di alam tidak terbatas. Energi yang dapat dimanfaatkan dari angin adalah energi kinetik yang diubah menjadi energi mekanik atau gerak. Pemanfaatan energi angin pada saat ini telah banyak dikenal seperti untuk menggerakkan perahu layar, memompa air dan juga sebagai pembangkit listrik.

Dalam pemanfaatan angin sebagai sumber energi terutama sebagai energi gerak, dibutuhkan alat yang berfungsi sebagai penangkap energi dari angin yang dikenal dengan nama

kincir angin (*windmill*). Kincir angin terdiri dari beberapa bagian utama diantaranya: *ass* (poros), *blade* (sudu), *tower* (menara) dan lain-lain. Masing-masing alat ini mempunyai fungsi dan kegunaannya sendiri.

Blade (sudu) adalah satu bagian dari kincir angin yang berfungsi sebagai penangkap angin, yang kemudian mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik (energi gerak). *Blade* (sudu) untuk kincir angin biasanya terdiri dari dua atau tiga buah *pitch* (lengan) atau lebih. *Blade* (sudu) bergerak atau berputar setelah dikenai oleh angin yang kemudian gerak memutar tersebut diteruskan ke poros.

¹ Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin, ISTA, Yogyakarta

² Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin, ISTA, Yogyakarta

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin. ISTA. Yoovakarta

Salah satu contoh kegunaan putaran poros ini adalah untuk menggerakkan pompa, pembangkit listrik, dan lain sebagainya.

Reksoatmodjo (2004).dapat penelitiannya kincir angin tipe horisontal, poros vertikal (*vertical-axis drag wind mill*), dengan efisiensi mekanis 0,76 dan kecepatan angin 15 m/sec diperoleh daya efektif 400 watt yang diperkirakan cukup untuk menerangi satu rumah sederhana. Bahwa energi angin yang tersedia sangat tergantung pada kecepatan angin.

Penggunaan *blade* (sudu) pada saat ini dikenal ada dua macam bentuk yaitu: bentuk *airfoil* dan bentuk datar. Bentuk *airfoil* masih dapat klasifikasikan dalam beberapa macam, salah satu diantaranya adalah bentuk NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui prinsip kerja kincir angin. Mengetahui pengaruh variasi jumlah *blade* (sudu) datar untuk kincir angin, yaitu variasi jumlah 2, 3 dan 4 *blade* (sudu) bahan dari komposit (*fiber glass*), panjang *blade* 1 meter. Pengujian dilakukan di Pantai Depok Bantul. Dalam pengujian tersebut dibatasi pada bentuk *blade* (sudu) datar, jenis kincir angin poros horizontal tipe *up-wind* dan kemiringan *blade* 20°. Data-data yang diperoleh dari pengujian tersebut selanjutnya akan diolah untuk memperoleh P_{out} (daya yang dihasilkan), $P_{teoritis}$, koefisien daya (CP), efisiensi daya, dan torsi (T).

Energi kinetik dari sebuah benda dengan massa (m) dan kecepatan (v) dapat dihitung dengan rumus (Kadir, 1995 : 217) :

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- E_k = Energi kinetik (Joule)
- m = Laju aliran massa (kg)
- v = Kecepatan (m/det).

Rumus di atas berlaku juga untuk angin, yang merupakan udara yang bergerak, bila suatu "blok" udara, yang mempunyai penampang $A \text{ m}^2$, dan bergerak dengan kecepatan v m/detik, maka

jumlah massa yang melewati suatu tempat adalah:

Daya total suatu arus angin adalah sama dengan jumlah energi kinetik (KEi) dari arus angin tersebut, yaitu (El- Wakil, 1985;):

$$P_{tot} = mKe_i = m \frac{v_i^2}{2g_c} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

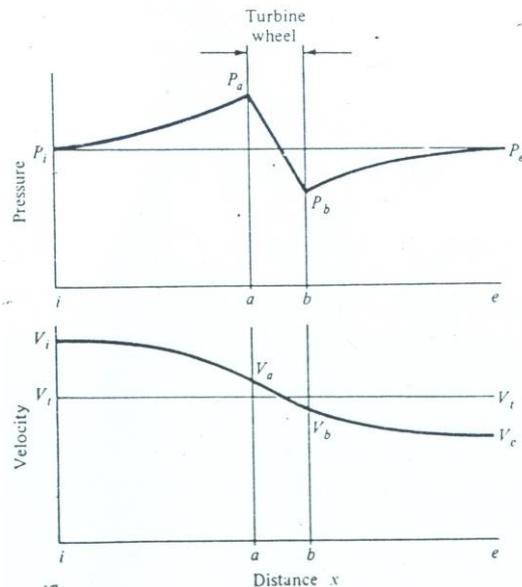
- P_{tot} = Daya total (W, ft.lbf)
- m = Laju aliran massa (kg/s, ft/h, lb_m/h)
- v_i = Kecepatan angin (m/s, ft/h)
- g_c = Faktor konversi (1,0 kg/N.s² = 4,17 x 10⁸ lb_m.ft atau lbr.h)

Dari persamaan $m = \rho Av$ Sehingga didapat:

$$P_{tot} = \frac{1}{2g_c} \rho Av_i^3 \dots\dots\dots (3)$$

Daya total dari arus angin berbanding lurus dengan massa jenis, area dan pangkat 3 dari kecepatannya.

Pada kenyataannya daya total dari angin tidak dapat diubah seluruhnya menjadi daya mekanis. Misalkan sebuah kincir angin poros vertikal dengan tipe *blade* jenis *propeller*. Asumsikan bahwa *blade* memiliki ketebalan a-b. Tekanan dan kecepatan angin datang, mengenai *blade* (P_i dan v_i). Setelah melewati *blade* menjadi p_e dan v_e , dimana nilai $v_i > v_e$ karena energi kinetik angin telah digunakan untuk menggerakkan kincir dan nilai v_t dan P_t adalah adalah kecepatan dan tekanan rata-rata angin sebelum dan sesudah mengenai *blade* (sudu). Sebagaimana pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik tekanan dan kecepatan angin yang melewati blade (EI- Wakil, 1985)

Secara ideal atau maksimum, efisiensi teoritik η_{max} (koefisien daya) dari kincir angin adalah perbandingan daya maksimum yang diperoleh dari angin, dimana :

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{P_{tot}} \dots\dots\dots (4)$$

Dalam hal ini, nilai P_{max} dihitung dengan persamaan :

$$P_{max} = \frac{1}{2g_c} \rho A v_i^3 (v_i^2 - v_e^2) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- P_{max} = Daya maksimum (Watt)
- A = Luas penampang area (m^2)
- ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)
- v_i = Kecepatan angin (m/s)

Untuk nilai $v_e = 1/3 v_i$ maka P_{max} :

$$P_{max} = \frac{8}{27g_c} \rho A v_i^3 \dots\dots\dots (6)$$

Sehingga

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{P_{tot}} = \frac{8}{27g_c} \times 2g_c = 0,529 \dots\dots\dots (7)$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dikatakan, kincir angin mampu mengubah tidak lebih dari 60% daya total angin menjadi daya yang bermanfaat.

Disebabkan *blade* (sudu) kincir angin tidak dapat dapat ditutup sepenuhnya (sistem terbuka), dan pengaruh lainnya, kincir dalam prakteknya dapat mencapai 50-70% dari efisiensi riil. η adalah hasil dari η_{max} dan rasio aktual pada daya total (EI- Wakil, 1985; 597).

v = Kecepatan rata-rata, m/s

$$v = \frac{v_i + v_e}{2}$$

Torsi (T) dapat dirumuskan (EI-Wakil, 1985 :598):

$$T_{out} = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{P_{out}}{\pi d N} \dots\dots\dots (8)$$

Tips Speed Ratio (λ)

$$\lambda = \frac{\pi D N}{V1} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

- D = diameter rotor (m)
- N = Putaran Rata-rata (rpm)
- $V1$ = kecepatan angin masuk rata-rata (m/s)

Teori dan riset menunjukkan bahwa kebanyakan masalah aliran dapat dikarakteristikan dengan parameter non dimensional. Hal terpenting dari parameter non dimensional untuk menentukan karakteristik dari suatu aliran fluida adalah bilangan reynold (Re). Bilangan reynold sangat penting diketahui karena rancangan rotor harus dibuat sesuai dengan data bilangan reynold (Re) yang tersedia, dimana Re dirumuskan sebagai (Manwell, et al, 2002) :

$$R_e = \frac{UL}{\nu} = \frac{\rho UL}{\mu} \dots\dots\dots (10)$$

Ketrangan:

- ρ = massa jenis fluida
- μ = kepekatan fluida
- U = kecepatan fluida
- L = panjang karakteristik dari aliran

Data atau dimensi dari komponen-komponen pada kincir angin tiga sudu yang dipakai dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe *blade* (sudu): Plat datar
2. Bahan *blade*: Komposit Fiber glass
3. Jumlah *blade* (sudu):
 variasi 2, 3 dan 4 buah
4. Panjang *blade* (sudu): 100 cm
5. Lebar Pangkal *Blade*: 15 cm
6. Lebar Ujung *Blade* : 5 cm
7. Diameter rotor: 200 cm
8. Diameter poros: 1 inchi
9. Bantalan : 2 buah
10. Tinggi kincir dari tanah: 2 meter
11. Tekanan udara (P): 1
12. Suhu udara absolut (K): 303, 15 °K



(a)



(b)



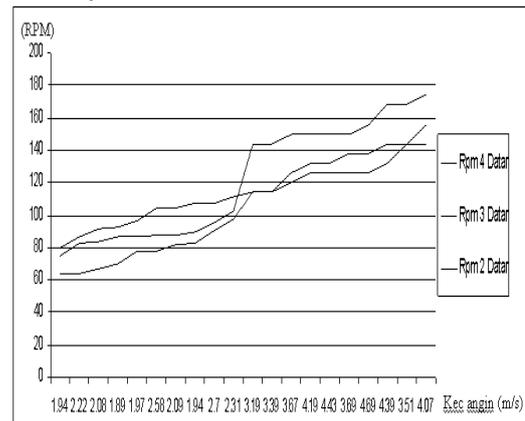
(c)

Gambar 2. Konstruksi kincir angin 2, 3 dan 4 blade .

Dalam pelaksanaan pengujian ini, untuk mengukur besarnya kecepatan angin digunakan anemometer digital. Untuk kecepatan angin dimuka *blade* (V_1) diukur pada jarak 1 meter di depan *blade* (sudu), dan kecepatan angin dibelakang *blade* (V_2) diukur pada jarak yang sama. Sedang putaran poros diukur dengan menggunakan Tacho-meter

PEMBAHASAN

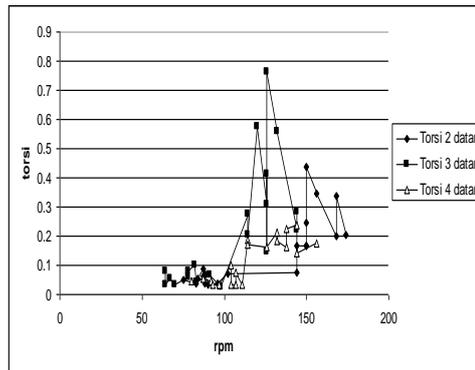
Dari data–data pengujian diatas, maka akan terlihat perbandingan angka-angka yang membedakan dari variasi jumlah *blade* yang digunakan. Untuk itu disamping ini merupakan grafik–grafik yang menunjukkan perbandingan performansi dari masing–masing jumlah *blade* yang telah diuji, maupun grafik gabungan yang tujuannya untuk memudahkan dalam pembacaan hasil analisa.



Gambar 3. Pengaruh kecepatan angin terhadap putaran poros

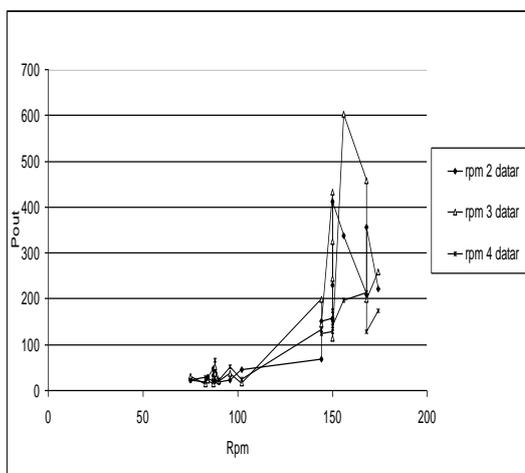
Dari grafik gabungan diatas terlihat bahwa kecepatan angin sangat mempengaruhi kecepatan putaran yang dihasilkan oleh kincir angin. Oleh karena itu 2 *blade* datar mempunyai kecepatan putaran lebih banyak daripada 3 *blade* datar dan 4 *blade* datar.

Dari grafik terlihat bahwa Pout 3 *Blade* datar mempunyai nilai yang lebih tinggi daripada *blade* 2 dan *blade* 4 yakni mencapai maksimum 602,9591 watt dikarenakan pada saat mengambil data terjadi kecepatan angin yang agak tinggi yaitu rata-rata 6,245 m/s. Dari kejadian ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin dapat berubah sewaktu-waktu.



Gambar 4. pengaruh putaran terhadap Torsi

Dari grafik diatas terlihat bahwa 3 blade datar menghasilkan torsi yang lebih besar daripada 2 dan 4 blade datar pada 20 kali pengujian yang dilakukan. Berbeda dengan grafik efisiensi antara blade 2,3, dan 4 disini terlihat bahwa grafik blade 4 mempunyai efisiensi yang lebih tinggi daripada blade 2 dan blade 3 datar.



Gambar 5. pengaruh putaran terhadap Torsi

Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap blade (sudu) datar dengan variasi 2, 3, dan 4 blade (sudu) dapat ditarik kesimpulan:

1. Kecepatan angin sangat mempengaruhi putaran yang dihasilkan oleh kincir angin.
2. Variasi 2 blade (sudu) pada suatu kincir angin menghasilkan putaran poros yang lebih tinggi

rata-rata (121,7) rpm dibandingkan dengan jumlah 3 blade rata-rata (102,3) rpm, dan 4 blade rata-rata (116) rpm pada kecepatan angin datang rata-rata 4,8 m/s.

3. Penggunaan 2 blade (sudu) datar menghasilkan putaran poros yang lebih baik dibandingkan dengan blade 3 dan 4 blade (sudu) datar. Hal ini disebabkan oleh jumlah blade 2 (sudu) datar dapat memanfaatkan energi kinetik angin lebih baik dan drag force nya yang baik.
4. Pada Pout 3 blade datar mempunyai nilai yang lebih besar yaitu (602,9591 watt) dari pada blade 2 (412,0015 watt) dan blade 4 datar (213,7392 watt).
5. Torsi yang dihasilkan oleh blade 3 datar yaitu rata-rata (0,21535), blade 2 rata-rata (0,1440105) dan blade 4 rata-rata (0,117757), terlihat bahwa torsi blade 3 torsi nya lebih tinggi daripada blade 2 dan blade 4 datar.
6. Efisiensi pada blade 4 rata-rata (58,37077915 %) lebih tinggi daripada efisiensi pada blade 2 rata-rata (51,7958055 %) dan blade 3 datar (53,108857 %).

DAFTAR PUSTAKA

- Braun Gunar, 2002, *The Potential of Wind Power as a Renewable Energi Source for Indonesia*, laporan penelitian, Jerman.
- .Kadir Abdul,1987, *Energi*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Manwell JF, At all, 2002, *Wind Energy Explained : Theory, Design and Application*, John Wiley and Sons Chichester, USA.
- Reksoatmodjo TN, Jurnal Teknik Mesin Vol. 6 No. 2, *Vertical-Axis Differential Drag Windmill*, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2004, ISSN : 1410-9867.

- Rooij, Ruud Van dan Nando Timmer ;
2004 , " Desain of Airfoil for Wind
Turbine Blades" Delft University
of Technonoly The Netherlands.
- Sanchez, Teodoro; Sunith Fernando
and Hugh Piggott 2005, ; Wind
Rotor Blade Construction"
- Wakil- El, M.M, 1985, *PowerPlant
Technology*, McGraw-Hill Book
Company Co, Singapura