

PENGEMBANGAN KINCIR ANGIN SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR

Nur Untoro¹, Frida Agung Rahmadi², Taufiq Aji³

¹⁾Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto, email: nuruntorobinjamin@yahoo.co.id

²⁾Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto, email: agungfrida@yahoo.co.id

³⁾Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto, email: ajiq15@yahoo.com

Abstract : Windmill is instrument that can converse wind energy to kinetic energy. Windmills have used in many country, but in Indonesia their used very-very little, so to be necessary developed. The windmill must be designed accord with their usage and wind characteristic at this area. In Subdistrict Gantiwarno District Klaten blown low wind speed, that condition more precise developed for wind pumping, rather than for the electric power generation. At this research designed windpumping for crops planted in dry season. Windmill type is multiblade windmill, with 8 iron galvanic blades. Water pump is made from 1 inch and 1,25 inch diameter PVC tube. Windpumping designed for deliver 5 liters/minute at wind speed 3,0m/s and total head 8m. hence designed the windmill with 3.2m rotor diameter and direct drive power transmission. Experiment result: minimum wind speed so that windmill able to pump is 2,8 m/s, with the rotor rotation is 29 rpm, and the water debit is 4.4 litres/minute. At 3.3m/s wind speed, rotor rotation is 33 rpm with the water debit 6 litres/minute. The total efficiency of system at 2,8m/s wind speed is 6%, the total efficiency at 3.3m/s wind speed is 5%.

Keywords : Windmill, average wind speed, water debit, head, rotor diameter, total efficiency.

Abstrak: Kincir angin adalah alat yang mengubah energi angin menjadi energi kinetik rotasi. Kincir angin telah digunakan di berbagai negara, namun di Indonesia penggunaan kincir angin masih sangat sedikit, sehingga perlu dikembangkan. Kincir angin mesti dirancang sesuai penggunaan dan karakteristik tempatnya. Di Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten umumnya bertiup angin kecepatan rendah, dengan kondisi ini lebih cocok dikembangkan kincir angin untuk pompanisasi, daripada untuk pembangkit listrik. Pada penelitian ini dirancang kincir angin penggerak pompa air untuk irigasi tanaman palawija di musim kemarau. Kincir angin dirancang berdaun 8 buah yang dibuat dari pelat besi galvanis. Pompa air dibuat dari pipa PVC 1 inci dan 1,25 inci. Pompa air dirancang untuk memindahkan air 5 liter/menit pada kecepatan angin 3,0m/s dan total head 8m. Berdasarkan kebutuhan debit air, kecepatan angin dan total head, maka dirancang kincir angin dengan diameter rotor 3,2m dengan transmisi daya langsung (*direct drive*). Hasil pengujian: kecepatan angin minimal agar pompa bekerja adalah 2,7m/s dengan 29 rpm dan debit 4,4 liter/menit. Pada kecepatan angin 3,3 m/s putaran kincir 33 rpm dan debit air 6 liter/menit. Efisiensi total pada kecepatan angin 2,8m/s adalah sebesar 6% dan efisiensi total pada kecepatan angin 3,3m/s adalah 5%.

Kata kunci : kincir angin, kecepatan angin rata-rata, head, debit pompa air, diameter rotor, efisiensi

Kincir angin mentransfer energi angin menjadi energi mekanik (rotasi). Transfer energi ini terjadi dengan proses memperlambat laju angin. Energi angin tidak dapat ditransfer seluruhnya menjadi energi mekanik rotasi, jadi

ada efisiensi mesin (kincir angin) yang biasa disebut *Coefficient Performance* (C_p). Nilai C_p ini merupakan karakteristik kincir dan nilainya secara teoritis memiliki maksimum.

Daya mekanik (*shaft power*) kincir

angin (Burton,2001):

$$P = C_p \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

Dengan P adalah daya (W), C_p adalah koefisien performance, A luas sapuan kincir dan v adalah kecepatan angin (m/s).

Koefisien performance maksimum yang mungkin dicapai kincir angin adalah 59,3%, yang dikenal sebagai Betz limit.

Selain parameter C_p kincir angin juga memiliki parameter yang lain yaitu perbandingan kecepatan linier ujung daun kincir terhadap kecepatan angin atau tip speed ratio (Hofman,1987):

$$\lambda = \frac{\omega r}{v} \quad (2)$$

dengan λ adalah *tip speed ratio*, ω adalah kecepatan anguler kincir, r jari-jari kincir dan v adalah kecepatan angin.

Kerapatan kincir angin didefinisikan sebagai persentase material dibanding udara dalam wilayah sapuan kincir angin.

$$\sigma = \frac{NA}{\pi r^2} \quad (3)$$

dengan σ adalah kerapatan (*solidity*), N: jumlah daun kincir, A : luas satu daun kincir dan r jari-jari kincir angin.

Kincir angin dengan kerapatan tinggi menghasilkan torsi awal yang lebih besar dari pada kincir dengan kerapatan rendah. Namun kincir angin dengan kerapatan tinggi memiliki *tip speed ratio* rendah.

Kincir Angin Tipe daun banyak

Kincir angin berdaun banyak (*multi blade*) merupakan kincir angin yang terbuat dari plat-plat logam yang dilengkungkan. Jumlah daun kincir angin tipe daun banyak 15 – 30 buah daun. Kincir angin berdaun banyak memiliki karakteristik putaran lambat atau *tip speed ratio* rendah dan torsi besar. Karenanya kincir angin daun banyak cocok untuk mekanisasi, seperti penggerak pompa (Argaw, 2001).

Kincir angin untuk menggerakkan pompa dapat dikelompokkan menjadi dua : Pompa mekanik (*mechanical wind pump*), dan pompa listrik (*electrical wind pump*).

1. Pompa mekanik

Pompa mekanik dalam arti bahwa tenaga kincir angin ditransmisikan ke pompa air mekanik. Penggunaan kincir angin untuk menggerakkan pompa air mengalami banyak perkembangan, baik dari faktor kincir, maupun dari faktor tansmisi dan pompa airnya. Perkembangan dari aspek kincir bahwa kincir tradisional menggunakan banyak (15 - 30) daun kincir dari plat logam yang di lengkung dengan diameter 2 – 5 m. Daun kincir angin dikembangkan menjadi aerodinamis dengan jumlah 6 – 8 *blade* dan diameter dapat mencapai 8 m (Argaw, 2001)

Kincir angin sebagai penggerak pompa piston, atau pompa pergeseran (*positive displacement pump*) memerlukan torsi besar pada awal gerak. Untuk melakukan langkah/*stroke* diperlukan gaya yang cukup untuk mengangkat berat tangkai (*rod*), piston

dan air dalam piston, dan gesekan. Jumlah air yang dipindahkan oleh pompa pada ketinggian angkat (*head*) tertentu bergantung pada diameter silinder pompa dan pada kecepatan angin. Diameter pompa yang lebih besar, lebih banyak jumlah air yang dindahkan. Ukuran diameter pompa bergantung pada *cut-in wind speed* pompa-kincir itu dan tinggi angkat (*head*) pompa, sebab pompa yang lebih besar membutuhkan torsi awal yang lebih besar. Sebuah pompa yang digerakkan kincir angin umumnya dirancang untuk bekerja pada kira-kira $\frac{3}{4}$ kali kecepatan angin rata-rata dilokasi tersebut. Hal ini agar pompa-kincir angin bekerja cukup sering dan agar menghasilkan lebih banyak air pada kecepatan angin tebih tinggi (Argaw, 2001:43).

Umumnya, pompa-kincir angin komersialbekerja dengan baik pada angin kecepatan rendah sebab kincir memiliki densitas besar,yang memiliki batas kecepatan gerak piston hingga 40 – 50 langkah per menit. Efisiensi seluruh konversi (efisiensi kincir, transmisi, dan pompa) untuk pompa mekanik yang bekerja pada kecepatan angin rata adalah 7 – 27% (Argaw, 2001:43).

Jenis pompa mekanik yang biasa digerakkan dengan kincir angin yaitu: pompa piston, pompa diafragma, dan pompa rotari (Rostagi 1982 : 6 - 12). Selain jenis pompa tersebut di Bolivia dikembangkan pompa mekanik yang sangat praktis, yaitu pompa Emas Flexi. Pompa mekanik Emas Flexi, merupakan pompa yang dapat dibuat sendiri dari bahan dasar pipa pvc dan kelereng. Meskipun pompa ini sangat sederhana namun dapat digunakan untuk menaikkan air hingga

60 meter atau mendorong air dalam arah mendatar 2km (Buchner 2006:7). Pompa emas Flexi dari bahan pvc dan dapat digunakan lebih dari 10 tahun (MacCarthy et al., 2013).

2. Pompa listrik

Jenis kedua kincir angin penggerak pompa air tenaga listrik. Pada jenis ini, kincir angin memutar generator yang menghasilkan listrik. Tenaga listrik digunakan untuk menggerakkan pompa air. Kincir angin penggerak pompa listrik ini cocok pada kecepatan angin rata-rata 5- 6 m/s (Argaw, 2001:44)

Daya hidrolik

Untuk mengangkat air dari kedalaman d , dan ketinggian h , atau ketinggian total (*head*) $H = d + h$, dengan bebit air Q , dibutuhkan daya sebesar :

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (3)$$

dengan P_h daya hidrolik, ρ rapat massa air sekitar 1kg/liter, dan g percepatan gravitasi bumi sekitar 9,8 m/s².

Daya kincir ditransmisikan untuk menggerakkan pompa. Pada trnsmisi daya ini terdapat rugi-rugi daya, sehingga daya mekanik yang diperlukanuntuk menggerakkan pompa:

$$P_m = \frac{P_h}{\eta} \quad (4)$$

dengan P_m adalah daya mekanik, dan η efisiensi total yaitu efisiensi tramsisi dan efisiensi pompa.

METODE PENELITIAN

Rancangan kincir angin

Kincir angin angin penggerak pompa ini dirancang untuk memompa air sumur untuk irigasi tanaman palawija di Desa Katekan Gantiwamo Klaten. Luas lahan rata-rata tiap petani sekitar 1400m^2 dengan asumsi kebutuhan air 1500 liter per hari. Angin umumnya bertiup 5 hingga 7 jam sehari, mulai sekitar pukul 10.00 hingga pukul 17.00 dengan kecepatan rata-rata 3m/s.

Debit pompa air yang dibutuhkan: 1500 liter/5 jam = 5 liter/menit = 0.0833 l/s.

Kedalaman permukaan air 6 m, ketinggian bak penampung 2 m, jadi total head 8 m. Daya hidrolis pompa $P_h = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$ = 1 kg/l .x 9,8 m/s² x 8m x 0,0833 l/s = 6,533 watt.

Jika efisiensi pompa adalah 20%, maka daya kincir angin yang dibutuhkan adalah 32,66 watt. Bila digunakan acuan kecepatan angin 3m/s, $c_p = 0,25$, daya kincir angin 32,66 watt kincir angin dibutuhkan dengan jari-jari kincir angin = 1,6 m.

Pompa dibuat dari pipa PVC dan kelereng. Bahan ini dipilih, karena harganya murah dan pompa berbahan PVC mudah dibuat. Dengan demikian petani dapat membuat sendiri pompa PVC ini. Pipa sebelah dalam sebagai batang penggerak sekaligus penyalur air. Ujung pipa penggerak dipasang kelereng sebagai mencegah air bergerak ke bawah. Pipa sebelah luar berfungsi sebagai rumah pompa dengan ujungnya juga dipasang kelereng pencegah air bergerak ke bawah.

Ujung pipa penyalur dibuat bentuk

corong dengan ukuran corong dibuat tepat sebesar diameter dalam rumah pompa. Bentuk corong ini berfungsi mengarahkan air masuk ke pipa penyalur saat didorong ke bawah.

Dengan total head 8 m, gaya hidrostatik pada piston : $F_h = \rho g H A = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 8 \text{ m} \times 0.001043 \text{ m}^2 = 62,04 \text{ N}$. Berat batang penggerak (*rod*) sekitar 40 N.

Panjang engkol = $\frac{1}{2}$ panjang langkah = 10 cm, dengan engkol ini torsi maksimum adalah $\tau = r \times (F_h + \text{rod}) = 10,2 \text{ Nm}$.

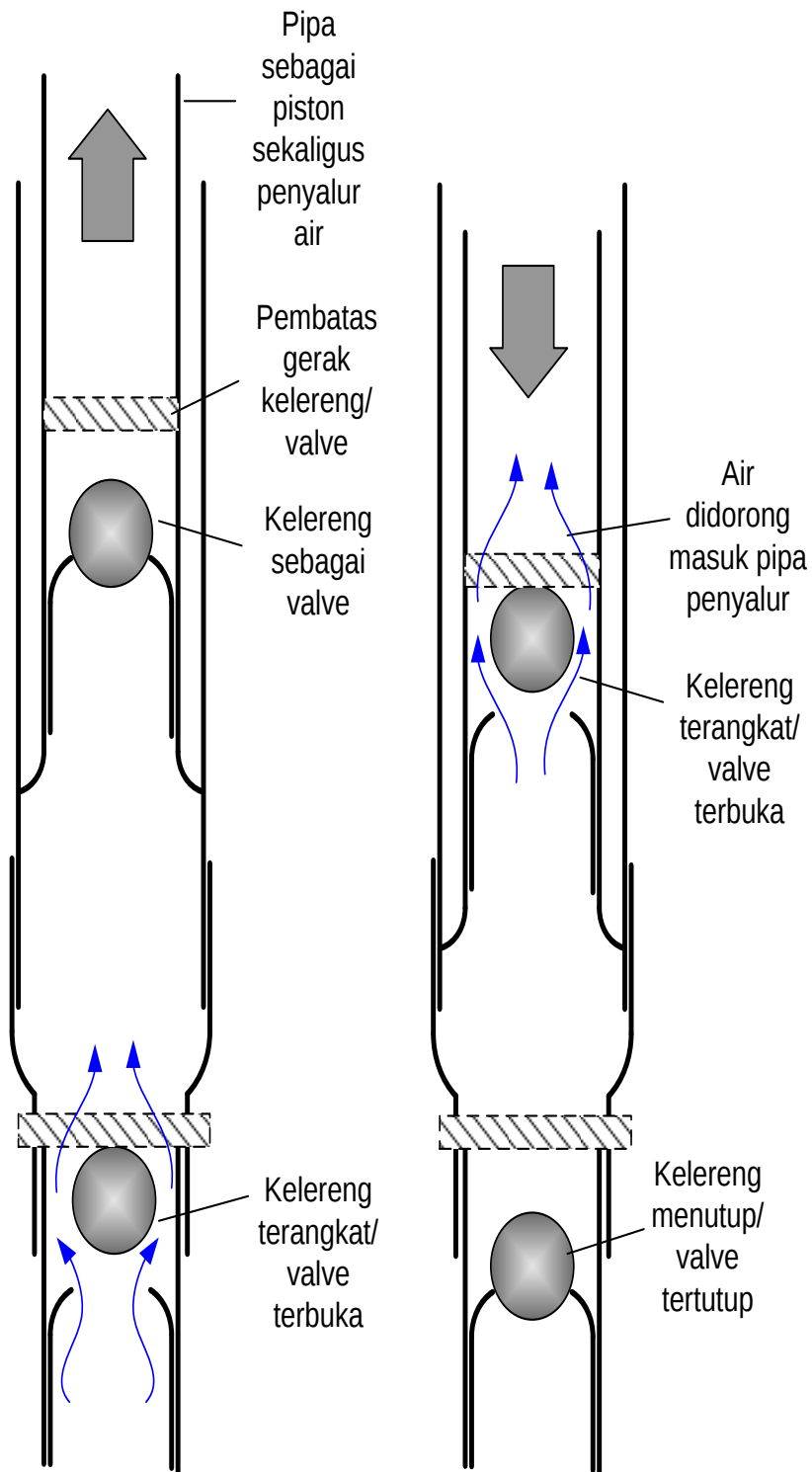
Kecapatan sudut ω bergantung dari jenis daun kincir, jari-jari, dan kecepatan angin. Berdasarkan persamaan (2) dengan *tip speed ratio* kincir berdaun banyak sekitar 1,5, kecepatan angin 3 m/s, maka kecepatan sudut: 2,813 rad/s.

Torsi yang dihasilkan kincir angin adalah

$$\tau = \frac{P_k}{\omega} = \frac{32,66}{2,813} = 11,6 \text{ Nm}$$

Karena torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa adalah 10,2 Nm, sedangkan besar dari torsi kincir angin pada kecepatan angin 3 m/s adalah 11,68 Nm, maka transmisi daya dilakukan tanpa reduksi putaran atau *direct drive*.

Kincir angin dirancang berjari-jari 1,6 m , dengan jumlah daun 8. Daun kincir atau *blade* dibuat dari plat besigalvanis- dengan tebal plat 1 mm, dengan kerapatan.



Gambar 1. Prinsip kerja Pompa PVC
(Nur Untoro, 2015)



Gambar 2. Kincir angin penggerak pompa
(Nur Untoro, 2015)

Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan untuk menentukan *cut-in wind speed* dan debit air yang dihasilkan. Kecepatan angin diukur dengan anemometer wind watcher. Sedangkan debit air diukur dengan ember, gelas ukur dan stopwatch.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan angin minimal agar kincir angin mampu memompa adalah 2,8m/s, dengan putaran kincir 29 rpm, dan debit 4,4 liter/menit. Pada kecepatan angin 4m/s putaran kincir 37 rpm dengan debit 5,5 liter/menit.

Efisiensi total sistem pada kecepatan angin 2,8 m/s adalah 6%, sedang pada kecepatan angin 3,3 m/s putaran kincir 33 rpm, dan debit air yang dihasilkan 6 liter/menit dengan efisiensi total adalah 5%.

Efisiensi total sistem pompa ini masih rendah karena berdasarkan referensi memiliki nilai 7% hingga 27%. Efisiensi sistem rendah karena digunakan pompa PVC yang tidak menggunakan klep, sehingga masih ada kebocoran. Efisiensi menurun jika putaran makin tinggi. Untuk meningkatkan efisiensi pemompaan maka diperlukan gerakan lambat dengan langkah yang panjang. Pompa PVC ini

bisa digerakkan dengan langkah panjang, hal ini bisa ditempuh dengan cara reduksi putaran namun dengan meningkatkan panjang langkah.

Dengan asumsi angin bertiup terus-menerus selama 5 jam berkecepatan 3m/s

dalam sehari, maka air yang dapat dipompa kurang-lebih 1650 liter. Jumlah air tersebut cukup banyak untuk keperluan irigasi tanaman palawija dengan luas lahan 1400m².



Gambar 3. Kinerja Pompa PVC digerakkan kincir angin
(Nur Untoro, 2015)

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Kincir angin berdaun banyak cocok untuk penggerak pompa air.
2. Kincir angin daun banyak berdiameter 3,2m dengan mekanik transmisi transmisi langsung tanpa reduksi dapat digunakan untuk menggerakkan pompa PVC dengan diameter 1,25 inci pada kecepatan angin rata-rata 3m/s.
3. Efisiensi total kincir angin penggerak pompa air sekitar 6%.

Saran

Pompa air dengan bahan PVC yang digerakkan dengan kincir angin sebaiknya dibuat dengan transmisi daya langsung (*direct drive*).

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LP2M UIN Sunan Kalijaga yang telah membiayai penelitian Penerapan Kincir Angin untuk Pompanisasi Lahan Pertanian di Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten, melalui DIPA BLU UIN Sunan Kalijaga Nomor : 025-04.2.423755/2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Argaw. 2001 *Renewable Energy for Water Pumping Applications in Rural Villages*
- Buchner, W. (2006,p.8) *Water For Everybody : A Selection of Appropriate Technologies to be used for Drinkable Water*. 5th Edition. EMAS.
- Burton. T., 2001. *Wind Energy Hand Book*, New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Hofman H dan Harun, (1987). *Energi Angin*. Jakarta: Penerbit Binacipta.
- MacCarthy, M.F., Buckingham, J.W. & Mihelcic, J.R. (2013). *Increasing Access to Low-Cost Water Supplies in Rural Areas: EMAS Household Water Supply Technologies in Bolivia* 2013.
- Nur Untoro, Frida Agung R., Taufik Aji, 2015. *Penerapan Kincir Angin untuk Pompanisasi Lahan Pertanian di Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten*. Laporan penelitian
- Rostagi, 1982. *Windpump Handbook pilot edition*. Bombay: Tata Energy Institute.
- Teferi Taye, 1999. *Wind Energi Harnessing-Theori And Ethiopian Experience*, Journal Of ESME, Vol II No.2.