

Kincir Angin Crossflow 8 sudu dengan Variasi Pitch Angle

Rido Juan Carlos Sinuhaji, Rines, YB. Lukiyanto

¹ Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

Korespondensi : lukiyanto@usd.ac.id

ABSTRAK

Energi angin adalah salah satu jenis energi terbarukan yang dimiliki oleh Indonesia. Salah satu peralatan untuk mengkonversi energi angin menjadi kerja mekanik poros adalah kincir angin. Salah satu jenis kincir angin poros vertikal yang belum banyak diketahui karakteristiknya adalah jenis *cross flow*. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kincir angin jenis *cross flow* dengan jumlah sudu 8, berdiameter 78 cm dan tinggi 90 cm. Variasi yang dilakukan adalah mengatur besarnya *pitch angle* pada sudu, masing-masing sebesar 0, 10 dan 20 derajat. Dari pengamatan yang telah dilakukan, diperoleh grafik hubungan Cp dan tsr. Dari grafik tersebut didapatkan kincir angin *cross flow* dengan sudu memiliki *pitch angle* 20 derajat menghasilkan nilai Cp yang paling besar yaitu sebesar 4,3 persen dengan rentang nilai tsr paling besar yaitu antara 0,14 dan 0,49. Grafik hubungan Cp dan tsr kincir angin *cross flow* dengan sudu memiliki *pitch angle* 20 derajat ini nilainya berada di bawah grafik hubungan Cp dan tsr kincir angin jenis American Wind Mill.

Kata kunci: kincir angin, *cross flow*, delapan sudu, *pitch angle*

ABSTRACT

Wind energy is one of variant of renewable energy resources of Indonesia. Wind mills was one of equipments to convert wind energy to shaft mechanical work. A type of vertical axis windmill whose characteristics was not widely known was cross flow windmill. The purpose of this research was to investigate a cross flow windmill with eight blades, 78 cm diameter and 90 cm height. The variation on the research was adjust the pitch angle of the blade, to be 0, 10 and 20 degrees, respectively. Based on the observations that have been made was obtained a graph of the relationship between Cp and tsr of the windmill. Based on the graph, the cross flow windmill with pitch angle of 20 degree gives the largest Cp value, about 4.3 percent with the largest tsr value range, between 0.14 and 0.49. The graph of Cp and tsr relationship for a cross flow windmill with pitch angle of blades 20 degree was below the Cp and tsr relationship of American Wind Mill windmills.

Keyword : windmill, *cross flow*, eight blades, *pitch angle*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber energi terbarukan yang cukup bervariasi. Diantara sumber energi terbarukan tersebut, beberapa yang sudah dimanfaatkan yaitu energi panas bumi, energi angin, energi air dan energi yang berasal dari matahari. Sumber energi tersebut dimanfaatkan dan dikonversi menjadi energi listrik agar lebih mudah dimanfaatkan oleh masyarakat, meskipun ada juga sumber energi terbarukan yang pemanfaatannya cukup dikonversi menjadi energi mekanik sebagai penggerak pompa air. Untuk skala dunia, energi angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang peningkatan pemanfaatannya paling cepat [1].

Energi angin dipanen dengan cara mengkonversi menjadi energi mekanik dengan menggunakan peralatan kincir angin. Kincir angin ini dikelompokkan menjadi dua kelompok saja, yaitu kincir angin poros horisontal (HAWT, *horizontal axis wind turbine*) dan kincir angin poros vertikal (VAWT, *vertical axis wind turbine*). Unjuk kerja kincir angin ideal baik HAWT maupun VAWT sudah diketahui [2]. Banyak juga peneliti yang mempelajari secara rinci unjuk kerja kincir angin yang sudah banyak digunakan oleh masyarakat, diantaranya adalah [3] yang mempelajari kincir angin yang telah digunakan oleh para petani garam di wilayah pantai utara Jawa.

Kincir angin *cross flow* adalah salah satu jenis kincir angin poros vertikal VAWT. Pada [2] tidak menunjukkan unjuk kerja kincir angin jenis *cross flow*. Hal ini memicu para peneliti untuk mempelajari dan mendapatkan karakteristiknya, baik dengan pengujian eksperimen maupun dengan pengujian simulasi. Diantaranya adalah [4] yang telah melakukan pengujian kincir angin *cross flow* tinggi 50 cm dan diameter 50 cm dengan kecepatan angin antara 2,3 – 3,4 m/detik. Parameter yang divariasikan adalah jumlah sudunya, yakni 8, 12 dan 16. Peneliti



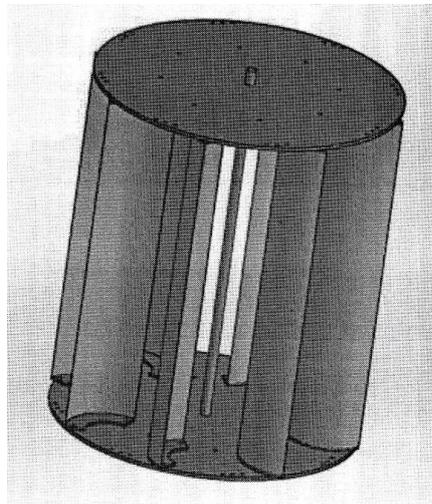
ISSN: 1907-5995

[5] melakukan studi simulasi dengan jumlah sudu 20, 22 dan 24, dengan rasio 1 : 2 dan kecepatan putar antara 0,4 rad/detik dan 2,0 rad/detik.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kincir angin VAWT jenis *cross flow* dengan diameter 78 cm, tinggi 90 cm dan jumlah sudu 8. Parameter yang divariasikan posisi *pitch angle*, yaitu 0° , 10° dan 20° . Penyelidikan dilakukan hingga mendapatkan hubungan antara C_p (coefficient of power) dan tsr (tip speed ratio) serta posisinya dibandingkan dengan jenis kincir angin ideal yang lainnya [2].

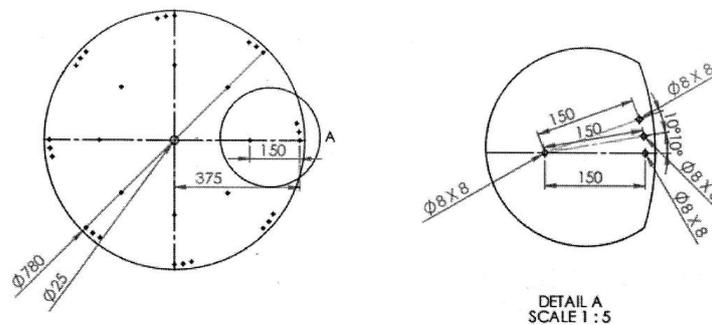
METODE PENELITIAN

Obyek pada penelitian ini adalah tiga kincir angin jenis *cross flow*. Tinggi dan diameter kincir angin adalah 90 cm dan 78 cm. Material utama yang digunakan sebagai rotor adalah kayu, plat logam dan poros. Bagian kayu ini diletakkan sebagai penutup pada bagian atas dan bawah, sekaligus berfungsi sebagai pemegang sudu dan poros. Plat logam yang digunakan adalah seng dan difungsikan sebagai sudu. Potongan plat logam berbentuk persegi panjang ini (90 cm x 24 cm) berjumlah delapan buah dan dibentuk melengkung dengan jari-jari 10 cm. Konstruksi kincir angin *cross flow* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kincir angin cross flow

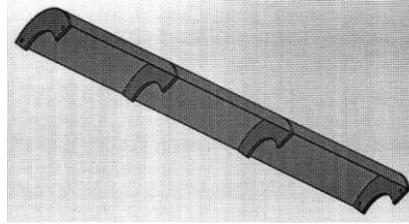
Kayu pemegang sudu atas dan bawah memiliki ketebalan 0,9 cm dan geometrinya berbentuk lingkaran dengan jari-jari 78 cm. Pada bagian tengah sumbu lingkaran terdapat lubang berdiameter 25 cm sebagai tempat untuk pemasangan poros. Bagian tepi kayu ini terdapat delapan pasang lubang yang letaknya simetris. Setiap pasang terdapat empat lubang berdiameter 0,8 cm sebagai tempat pengaturan *pitch angle*. Satu lubang berfungsi sebagai centre sedangkan posisi tiga lubang yang lainnya sedemikian rupa sehingga *pitch angle* membentuk sudut 0° , 10° dan 20° . Bentuk pemegang sudu atas dan bawah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk pemegang sudu atas dan bawah

Kedelapan sudu semuanya diberi tambahan penguat. Penguat ini berfungsi untuk mempertahankan bentuk lengungan tidak berubah. Setiap sudu diberi empat penguat berbahan kayu. Penguat bagian atas dan bawah

masing-masing diberi dua buah lubang berdiameter 0,8 cm. Posisi kedua lubang ini sedemikian rupa sehingga sesuai dengan lubang pada pemegang sudu untuk mengatur besarnya *pitch angle*. Sudu dengan penguat dapat dilihat pada Gambar 3.

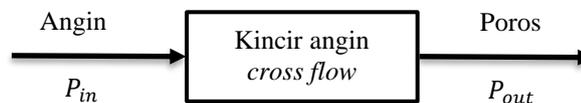


Gambar 3. Sudu dengan penguat

Poros yang digunakan adalah pipa besi galvanis berukuran ¾ inci dengan tebal 1,8 mm. Poros ini berfungsi menyangga seluruh bobot kedelapan sudu dan kayu pemegang sudu dan mentransmisikannya ke beban. Bagian ujung atas dan ujung bawah dirancang sebagai tempat pemasangan dua buah bantalan. Kedua bantalan ini dipasang pada rangka yang kokoh sehingga aman pada saat kincir angin dilakukan pengujian. Bagian ujung atas poros, sebelah atas dari bantalan atas, dipasang peralatan pembebanan. Beban yang diberikan pada poros adalah beban pengereman. Beban pengereman dapat diatur sedemikian rupa sehingga dapat mengetahui besarnya torsi poros.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Energi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma. Angin yang digunakan berasal dari sebuah blower. Kecepatan angin yang dihasilkan dapat diatur besarnya dengan cara mengatur kecepatan blower melalui controller. Pengujian dilakukan secara berurutan. Setelah selesai pengambilan data pada variasi *pitch angle* 0°, semua sudu diubah posisinya sehingga menjadi *pitch angle* 10° dan selanjutnya menjadi *pitch angle* 20°.

Kincir angin *cross flow*, sama seperti semua jenis kincir angin, berfungsi mengubah energi yang dimiliki angin yang melewatinya menjadi energi mekanik berupa poros yang berputar (Gambar 4). Untuk mengetahui unjuk kerja kincir angin tersebut maka perlu diketahui besarnya daya input dan daya outputnya.



Gambar 4. Skema konversi energi pada kincir angin

Daya input, P_{in} yang berasal dari energi angin, diperoleh dengan menggunakan Persamaan (1) yang memiliki tiga parameter yaitu massa jenis udara (ρ), kecepatan angin (V) dan luas laluan angin (A) yang melewati kincir angin *cross flow*. Udara yang digunakan adalah udara yang ada di Laboratorium Energi dan diasumsikan memiliki massa jenis udara standar $\rho = 1,18 \text{ kg/m}^3$. Kecepatan angin diamati dan diukur dengan menggunakan sebuah anemometer. Kecepatan angin pada pengamatan ini diatur selalu konstan yaitu sebesar $V = 6,0 \text{ m/detik}$ dengan cara mengatur controller. Luas laluan angin diperoleh dari hasil perkalian diameter kincir angin ($D = 78$) dan tingginya (90 cm).

$$P_{in} = 0,5 \rho V^3 A \quad (1)$$

Daya output, P_{out} yang ditransmisikan oleh poros ke beban, diperoleh dengan menggunakan Persamaan (2) yang memiliki parameter kecepatan putar poros (\dot{n}) dan torsi (T). Kecepatan putar poros (\dot{n}) dengan satuan (*putaran/detik*) dihitung berdasarkan hasil pengukuran tachometer (rpm, *putaran/menit*). Besarnya torsi yang bekerja pada poros dihitung dari hasil perkalian panjang lengan ($L = 30 \text{ cm}$) dan besarnya gaya (F , newton) yang terjadi pada ujung lengan yang terbaca pada timbangan yang terpasang pada peralatan pembebanan.

$$P_{out} = 2 \pi T \dot{n} / 60 \quad (2)$$

Unjuk kerja kincir angin *cross flow* diungkapkan dalam bentuk hubungan antara C_p (*coefficient of power*) dengan tsr (*tip speed ratio*). Nilai C_p tidak berdimensi, diperoleh dari perbandingan P_{in} / P_{out} . Nilai tsr , juga tidak berdimensi, diperoleh dari perbandingan kecepatan ujung sudu dan kecepatan angin. Parameter yang



diperlukan untuk diukur dan dicatat adalah kecepatan angin, kecepatan putar poros dan gaya yang terjadi pada lengan pembebanan torsi.

HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan penjelasan yang sudah disampaikan pada bagian Metode Penelitian, diperoleh tiga set data, masing-masing untuk *pitch angle* 0° (**Tabel 1**), *pitch angle* 10° (**Tabel 2**) dan *pitch angle* 20° (**Tabel 3**).

Tabel 1. Hasil pengamatan *pitch angle* 0°

Kecepatan Angin	Kecepatan putar poros	Gaya pada lengan torsi
V	n	F
(m/detik)	(rpm)	(newton)
6,0	85,2	0,0
6,0	76,8	0,4
6,0	67,3	1,0
6,0	61,8	1,4
6,0	53,5	2,0
6,0	46,7	2,4
6,0	40,0	2,7
6,0	30,4	2,9

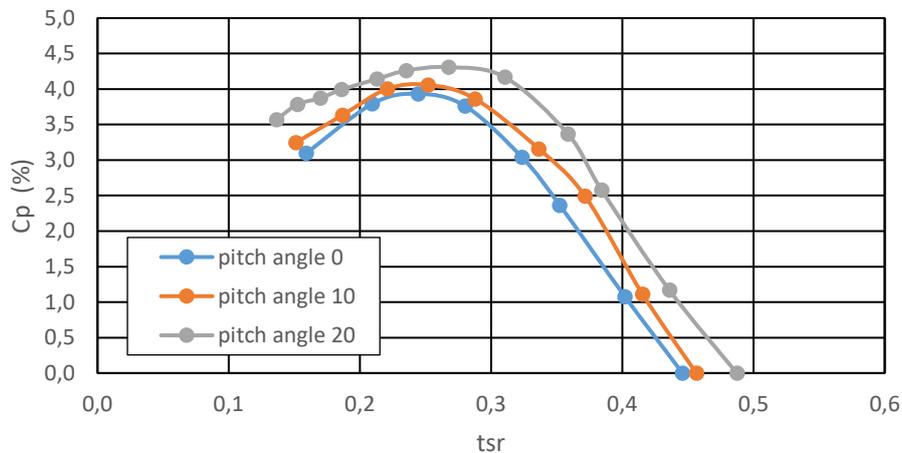
Tabel 2. Hasil pengamatan *pitch angle* 10°

Kecepatan Angin	Kecepatan putar poros	Gaya pada lengan torsi
V	n	F
(m/detik)	(rpm)	(newton)
6,0	87,2	0,0
6,0	79,3	0,4
6,0	71,0	1,0
6,0	64,2	1,4
6,0	55,0	2,0
6,0	48,1	2,4
6,0	42,2	2,7
6,0	35,7	2,9
6,0	28,9	3,2

Tabel 3. Hasil pengamatan *pitch angle* 20°

Kecepatan Angin	Kecepatan putar poros	Gaya pada lengan torsi
V	n	F
(m/detik)	(rpm)	(newton)
6,0	93,1	0,0
6,0	83,3	0,4
6,0	73,4	1,0
6,0	68,5	1,4
6,0	59,3	2,0
6,0	51,1	2,4
6,0	44,9	2,7
6,0	40,7	2,9
6,0	35,5	3,2
6,0	32,4	3,4
6,0	29,1	3,7
6,0	26,1	3,9

Berdasarkan data hasil pengamatan (**Tabel 1.**, **Tabel 2.** dan **Tabel 3.**) dan dengan menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2) serta definisi C_p dan t_{sr} , maka diperoleh grafik hubungan antara C_p dan t_{sr} untuk ketiga posisi *pitch angle* (Gambar 5).



Gambar 5. Hubungan C_p dan t_{sr} dengan variasi *pitch angle*

Dari tabel yang dihasilkan (**Tabel 1.**, **Tabel 2.** dan **Tabel 3.**), diperoleh nilai kecepatan putar poros antara 93,1 dan 26,1 rpm dan besarnya gaya pada lengan torsi antara 0,0 dan 3,9 newton. Sedangkan dari grafik pada Gambar 5 diperoleh nilai C_p selama melakukan penelitian adalah antara 0,0 (minimal) sampai dengan 4,3 (maksimal). Nilai t_{sr} yang diperoleh adalah 0,14 (minimal) dan 0,49 (maksimal). Nilai minimal t_{sr} , nilai maksimal t_{sr} dan nilai maksimal C_p dicapai untuk variasi sudu dengan *pitch angle* 20°. Dari Gambar 5 juga nampak bahwa nilai C_p maksimal untuk variasi sudu dengan *pitch angle* 10° dan 0° nilainya lebih rendah dari C_p maksimal untuk variasi sudu dengan *pitch angle* 20°. Semua garis untuk variasi sudu dengan *pitch angle* 10° dan 0° letaknya juga selalu dibawah garis dengan variasi sudu dengan *pitch angle* 20°.

Nilai C_p maksimal untuk kincir angin jenis American Wind Mill adalah sekitar 15 % dengan rentang t_{sr} 0 – 1,3 [2]. Nilai-nilai ini adalah terendah diantara jenis kincir angin yang ditampilkan. Jika digambarkan pada grafik C_p – t_{sr} [2], maka grafik untuk kincir angin jenis *cross flow* 8 sudu dengan *pitch angle* 20° akan berada dibawah grafik American Wind Mill.



KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil menguji kincir angin VAWT jenis *cross flow* berdiameter 78 cm dan tinggi 90 cm delapan sudu dengan variasi *pitch angle* 0° , 10° dan 20° . Berdasarkan grafik hubungan C_p dan t_{sr} yang diperoleh, kincir angin *cross flow* dengan sudu memiliki *pitch angle* 20° menghasilkan nilai C_p yang paling besar yaitu sebesar 4,3% dengan rentang nilai t_{sr} paling besar juga yaitu antara 0,14 (minimal) dan 0,49 (maksimal). Grafik hubungan C_p dan t_{sr} kincir angin *cross flow* dengan sudu memiliki *pitch angle* 20° ini nilainya beradda di bawah grafik hubungan C_p dan t_{sr} kincir angin jenis American Wind Mill.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kaygusuz. Wind power for a clean and sustainable energy future. *Energy Sources, Part B Econ. Plan. Policy*, 2009, vol. 4, no. 1, pp. 122–133, doi: 10.1080/15567240701620390
- [2] Gary L. Johnson. *Wind Energy System*, Electronic Edition. Manhattan : KS. 2006 : 1-19
- [3] Albertus Naturally Baskoro, YB. Lukiyanto, Dionisius Brian Deva Erwandha, Rines. Coefficient of Power of Indonesian Traditional Wind-Pump Blade Model. *Proceeding of InCASST 2003. E3S Web of Conferences* 475, 03010 (2024) : pp. 1-5
- [4] D.H. Illa Rizianisa, DH. Studi eksperimental pengaruh jumlah sudu terhadap daya pada turbin angin sumbu vertikal tipe rotor cross flow. *Rekayasa Mesin*, 2020, Vol. 11, No. 2 : 179-186
- [5] Muhammad Ivan Fadhil Hendrawan, Dominicus Danardono dan Syamsul Hadi. Studi simulasi penggunaan airfoil naca 6412 sebagai sudu pada turbin angin crossflow melalui pemodelan. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 2018, Vol. 13, No. 1 : 28 – 31.