

PENGARUH SUSUNAN SUDUT TURBIN ANGIN SAVONIUS TERHADAP KARAKTERISTIK DAYA TURBIN

Rusnoto dan Laudi Shofani

ABSTRAK

Konsep turbin angin savonius ini cukup sederhana dan praktis tidak terpengaruh oleh arah angin dan dapat dioperasikan pada daerah pantai seperti halnya kota Tegal yang merupakan salah satu kota yang terletak dekat dengan pantai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik daya turbin angin savonius terhadap jumlah dan susunan sudu turbin.

Metode penelitian yang dipakai dalam penelitian ini adalah eksperimen, dengan mengadakan percobaan secara langsung di laboratorium yang sebelumnya membuat turbin angin jenis savonius yang dibuat dibengkel Fakultas Teknologi Industri Universitas Pancasakti Tegal. Pada pengambilan data pengaruh susunan, menggunakan diameter tiap turbin 65 cm dan tinggi tiap turbin 21.7 cm, pada tiap turbin mempunyai jumlah sudu tiga sudu dengan diameter tiap sudu 38 cm. Dalam hal ini posisi susunan sudu turbin dengan jumlah susunan tiga buah turbin yang akan digunakan dalam eksperimen dan pengambilan data adalah susunan sudu turbin sejajar, 40° dan 80° dengan sudu tiap turbin. Dengan bahan turbin menggunakan seng dan triplek, dengan poros dan kerangka menggunakan best

Dilihat dari analisis data yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan adanya perubahan susunan sudu turbin, koefisien daya (C_p) yang dihasilkan dari kerja turbin meningkat. Dengan $C_{p_{maksimal}} = 0.29$ pada $TSR = 7.73$ untuk susunan sudu turbin 80° dengan sudu tiap turbin.

Dilihat dari kecepatan angin yang digunakan dalam eksperimen untuk setiap jumlah sudu turbin, koefisien daya (C_p) menurun dengan bertambahnya kecepatan angin yang digunakan. Hal ini berarti semakin tinggi kecepatan angin performansinya menurun.

Kata kunci : Turbin angin savonius, Karakteristik daya turbin

Pendahuluan

Tingginya kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat dari waktu ke waktu, pada kenyataannya menjadi salah satu masalah besar ketika cadangan sumber energi konvensional (energi fosil) semakin terbatas dan kita harus mengurangi tingkat polusi. Oleh karena itu, kebutuhan mengembangkan energi yang dapat diperbaharui telah menjadi tuntutan utama jaman ini. Salah satu sumber energi tersebut adalah angin.

Angin yang merupakan gerakan udara dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk

energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Oleh karena itu, kincir atau turbin angin sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). (Soelaiman et.al: 2007)

Turbin angin dengan konstruksi sederhana adalah temuan sarjana Finlandia bernama S. Savonius (1924). Turbin ini termasuk jenis turbin angin dengan sumbu vertikal, dengan rotor yang tersusun dari dua buah sudu setengah silinder. Konsep turbin angin savonius ini cukup sederhana dan praktis tidak terpengaruh oleh arah angin dan dapat dioperasikan pada daerah pantai seperti halnya kota Tegal yang merupakan salah satu kota yang terletak dekat dengan pantai. Melihat dari latar belakang ini maka penulis mencoba meneliti karakteristik daya turbin angin savonius terhadap pengaruh variasi susunan sudu turbin, dengan jumlah

susunan sudu turbin angin savonius yang telah ditentukan. Dengan memanfaatkan variasi susunan sudu turbin angin savonius dapat diketahui untuk menentukan kondisi yang optimal sebagai energi alternatif pembangkit tenaga listrik.

Laudasan teori

1. Energi angin

Daya adalah energi per satuan waktu. Daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara, dan kubik kecepatan angin, seperti diungkapkan dengan persamaan dibawah ini (Daryanto: 2007)

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad , \text{watt/m}^2 \quad (1)$$

Persamaan mengenai daya angin ini dapat dijabarkan sebagai berikut. Karena perbedaan kerapatan udara di dataran rendah dan di daerah yang tinggi, energi angin yang dapat diekstrak di daerah pantai akan lebih besar dibandingkan dengan yang di pegunungan. Kemudian apabila suatu tempat memiliki kecepatan angin 2 kali lebih cepat dari tempat lain, tempat pertama tersebut memiliki energi angin 8 kali lebih besar. Oleh karena itu, pemilihan lokasi sangat menentukan besarnya penyerapan energi angin.

Daya angin maksimum yang dapat diekstrak oleh turbin dengan luas sapuan rotor A adalah,

$$P_{maks} = \frac{16}{27} \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad , \text{watt} \quad (2)$$

Angka $\frac{16}{27} = 59,3 \%$ ini disebut batas Betz (*Betz limit*, diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz). Angka ini secara teori menunjukkan efesiensi maksimum yang dapat dicapai oleh rotor turbin angin sumbu vertikal. (Daryanto: 2007)

A. Betz dalam bukunya *Die Windmuhlen im Lichte neuer Forschung. Die Naturwissenschaft* (1927), dianggap sebagai sarjana yang pertama memperkenalkan teori tentang turbin angin. Ia mengasumsikan bahwa, suatu turbin ideal merupakan rotor tanpa naf (hub) dan mempunyai sudu-sudu yang tak

terhingga jumlahnya tanpa hambatan. Juga diasumsikan bahwa, aliran udara di depan dan di belakang rotor memiliki kecepatan yang seragam (aliran laminar). Jika V_1 = kecepatan angin di depan rotor, V_2 = kecepatan angin di belakang rotor dan V = kecepatan angin pada saat melalui rotor (Gambar 1) maka berdasarkan persamaan kontinuitas. (Tedjo. R. N: 2005)

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = A V \quad (3)$$


Gambar 1. Asumsi Teori Betz

2. Daya turbin

Energi kinetik dari massa udara yang bergerak dengan kecepatan u pada arah x adalah:

$$U = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (\rho A x) V^2, \text{Joules} \quad (4)$$

Besarnya daya yang dapat dihasilkan oleh angin (potensi angin) adalah turunan dari energi kinetik terhadap waktu dan sebanding dengan rapat massa udara yang mengalir melalui permukaan tertentu dan kecepatan angin yang melalui bidang permukaan sapuan rotor.

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A V^3, \text{Watt} \quad (5)$$

Daya mekanis yang dihasilkan dari kerja rotor turbin angin adalah:

$$P_m = C_p \rho A V^3, \text{Watt} \quad (6)$$

C_p = Koefisien daya rotor (*Power Coefficient*)

Besarnya torsi untuk poros yang berputar diberikan oleh persamaan, (Shigley, 1983, Kane, 1987):

$$T_m = \frac{P_m}{\omega_m}, \text{N.m} \quad (7)$$

$$F_m = \mu . N$$

$$T_m = f_s . o$$

TSR (*Tip Speed Ratio*) atau perbandingan kecepatan di tip turbin angin (ujung) dan kecepatan angin yang didapat oleh turbin. Untuk menghitung TSR (X) dapat menggunakan persamaan:

$$\lambda = \frac{\omega_m \cdot r_{rotor}}{V} \quad (8)$$

Tinjauan Pustaka

Savonius turbin adalah desain turbin yang paling sederhana. Perbedaan daya dorong menyebabkan savonius turbin berputar. Dalam desain yang dikembangkan arah angin berasal dari mana saja akan dapat memutar turbin. kemudian energi angin tersebut diubah menjadi torsi yang memutar batang (shaft).

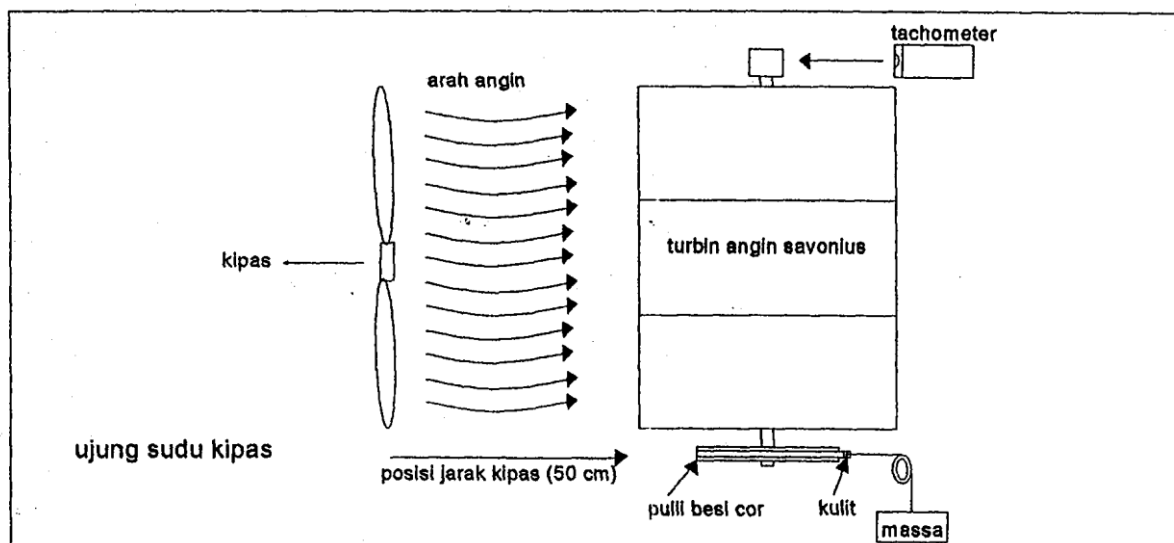
Mustaqim (2007) dan Sutrisno (2007). Meneliti suatu model turbin angin poros vertikal (VAWT) aliran radial yang dapat ditempatkan pada suatu atap suatu bangunan, dengan hasil eksperimen bahwa model turbin angin poros vertikal (VAWT) dapat bekerja dengan baik pada kecepatan angin rendah (low wind velocity). Letak pembatasan ahran atau lidah tidak mempengaruhi besar daya output turbin. Semakin panjang saluran buang daya output semakin menurun. C_p maksimum adalah 0.14 pada tip speed ratio (TSR) 1.04 dicapai untuk kecepatan angin 5.242 m/s.

Daryanto (2007). Dalam penelitian kajian potensi angin untuk pembangkit listrik tenaga bayu, mengatakan bahwa pada umumnya turbin angin yang mempunyai jumlah sudu banyak (soliditas tinggi) akan mempunyai torsi yang besar. Turbin angin jenis ini banyak digunakan untuk keperluan mekanikal seperti pemompaan air, pengolahan hasil pertanian dan aerasi tambak. Sedangkan turbin angin dengan jumlah sudu sedikit, misalnya dua atau tiga, digunakan untuk keperluan pembangkitan listrik. Turbin angin jenis ini mempunyai torsi rendah tetapi putaran rotor yang tinggi.

In Seong Hwang, dkk. (2005), melakukan studi terhadap turbin angin poros vertikal sudu lurus berputar sejajar sumbu poros menggunakan sistem kendali sudu dengan memvariasi sudut arah tiap sudu yang didasarkan pada perubahan kecepatan dan arah angin, analisa aerodinamik memberikan peningkatan daya 30 % dan untuk seri NACA 4 digit dan 6 digit peningkatan sampai 60 %.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Fakultas Teknologi Industri Universitas Pancasakti Tegal. Seliingga dalam penelitian ini akan didapatkan jawaban apakah ada pengaruh jumlah dan susunan sudu turbin angin savonius terhadap karakteristik daya turbin. Adapun langkah-langkah penelitian adalah:



Gambar 2. Skema instalasi pengujian

- Membuat model turbin angin savonius.
- Pengujian dilakukan dengan puli (besi cor) dengan kulit dan penambahan massa (beban) sebagai pengganti alternator untuk mengetahui daya turbin.
- Pengukuran menggunakan tachometer untuk mengukur putaran rotor turbin dengan posisi kipas yang telah ditentukan.
- Pengambilan data dilakukan dengan beberapa tahap, sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan.
- Selanjutnya dilakukan pendataan dan analisa data untuk mengetahui hasil

data yang keluar dari pengaruh susunan sudu turbin angin savonius terhadap karakteristik daya.

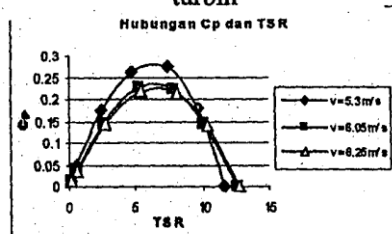
- Data dapat ditampilkan dengan sebuah grafik agar dapat terlihat perbandingannya (pengaruh).

Hasil Penelitian

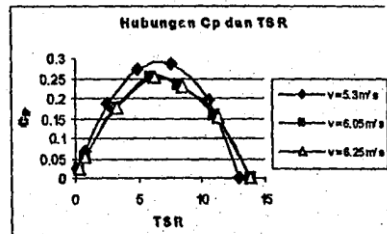
1. Hubungan C_p dan TSR dengan kecepatan angin pada tiap posisi susunan sudu turbin

Hubungan C_p dan TSR dengan kecepatan angin pada tiap posisi susunan sudu turbin menunjukkan perubahan. Hal ini dapat diketahui dengan Gambar dibawah ini:

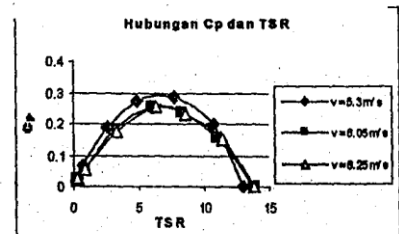
c. Posisi susunan sudu turbin sejajar dengan sudu tiap turbin



b. Posisi susunan sudu turbin 40° dengan sudu tiap turbin



a. Posisi susunan sudu turbin 80° dengan sudu tiap turbin



Gambar 3. Grafik hubungan C_p dan TSR dengan kecepatan angin pada posisi susunan sudu turbin

Pembahasan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Industri Universitas Pancasakti Tegal tentang "Pengaruh Susunan Sudu Turbin Angin Savonius Terhadap Karakteristik Daya Turbin" dan setelah di analisis data, data menunjukkan adanya perbandingan (pengaruh) susunan sudu turbin angin savonius antara susunan sudu turbin sejajar dengan sudu tiap turbin, susunan sudu turbin 40° dengan sudu tiap turbin dan susunan sudu turbin 80° dengan sudu tiap turbin terhadap koefisien daya (C_p) yang dihasilkan dari kerja turbin.

Pada Gambar 3a, terlihat bahwa pada $V = 5.3$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan dari kerja turbin adalah = 0.27 dengan $TSR = 7.38$, untuk $V = 6.05$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan dari kerja turbin adalah = 0.23 dengan $TSR = 5.3$, dan untuk $V = 6.25$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan

dari kerja turbin adalah = 0.22 dengan $TSR = 5.38$.

Pada Gambar 3b, terlihat bahwa pada $V = 5.3$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan dari kerja turbin adalah = 0.28 dengan $TSR = 7.63$, untuk $V = 6.05$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan dari kerja turbin adalah = 0.25 dengan $TSR = 5.92$, dan untuk $V = 6.25$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan dari kerja turbin adalah = 0.25 dengan $TSR = 6.28$.

Pada Gambar 3c, terlihat bahwa pada $V = 5.3$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan dari kerja turbin adalah = 0.29 dengan $TSR = 7.73$, untuk $V = 6.05$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan dari kerja turbin adalah = 0.26 dengan $TSR = 5.98$, dan untuk $V = 6.25$ m/s koefisien daya maksimal ($C_{p\text{maksimai}}$) yang dihasilkan dari kerja turbin adalah = 0.25 dengan $TSR = 6.29$.

Dari data pada Gambar 3, dapat dikatakan bahwa dengan adanya perubahan

susunan sudu turbin angin savonius, koefisien daya tubin (C_p) yang dihasilkan dari kerja turbin yang keluar akan meningkat. Dari hasil eksperimen pada pengaruh perubahan susunan sudu turbin angin savonius menunjukkan bahwa susunan sudu turbin 80° dengan sudu tiap turbin mempunyai koefisien daya tubin (C_p) yang dihasilkan dari kerja turbin yang paling tinggi. Dapat dishnpulkan bahwa karakteristik daya turbin dengan pengaruh susunan sudu terhadap perubahan angin yaitu semakin tinggi nilai TSR maka semakin besar C_p yang di hasilkan, namun pada nilai TSR tertentu C_p yang dihasilkan semakin menurun. Ini berarti turbin angin savonius jenis ini mampu bekerja optimal atau menghasilkan C_p maksimal pada TSR tertentu.

Eksperimen perbandingan pengaruh susunan sudu pada turbin angin savonius memberikan hasil yang berbeda. Dari tiap-tiap kecepatan angin pada setiap susunan sudu turbin angin yang berbeda, yang berindikasi pada perbedaan putaran rotor sehingga mempengaruhi karakteristik daya turbin.

Dilihat dari kecepatan angin yang digunakan dalam eskperirnen untuk setiap susunan sudu turbin, koefisien daya (C_p) menurun dengan bertambahnya kecepatan angin yang digunakan. Hal ini berarti semakin tinggi kecepatan angin performansinya menurun.

Kesimpulan

Dilihat dari analisis data dengan adanya perubahan susunan sudu turbin angin savonius, koefisien daya (C_p) yang dihasilkan dari kerja turbin meningkat. Dengan $C_{p_{maksunai}} = 0.29$ pada $TSR = 7.73$ untuk susunan sudu turbin 80° dengan sudu tiap turbin.

Saran

Bagi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam memanfaatkan energi terbarukan yang tersedia dengan mudah dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan energi fosil, maka penulis menyarankan agar adanya pengembangan dan penelitian Jebih lanjut pada turbin angin jenis savonius. Dikarenakan penulis mempunyai keterbatasan dalam melakukan penelitian.

DAFTAR NOTASI

A	= Luas bidang sapuan rotor (m^2)
C_p	= Koefisien daya rotor (Power Coefficient)
f_s	= Gaya gesek (Newton)
m	= massa udara (kg)
N	= Gaya beban (Newton)
P	= Daya (daya angin) (watt)
P_m	= Daya mekanis yang dihasilkan dari kerja rotor turbin (watt)
P_{maks}	= Daya angin maksimura (watt)
P_w	= Daya yang dapat dihasilkan oleh angin (potensi angin) (watt)
r_0	= Jari-jari poros (m) (dalam hal ini jari- jari puli yang digunakan untuk menggerakan alternator)
r_{rotor}	= Jari-jari rotor (m) (dalam hal ini jari-jari turbin)
T_m	= Torsi (N.m)
U	= Energi kinetik(joules)
V	= Kecepatan angin (m/s)
x	= arah angin
ρ (rho)	= Rapat massa udara (kg/m^3)
ω_m	= Kecepatan putar turbin (rad/s)
μ	= Koefisien gesek
$\lambda(TSR)$	= Tip Speed Ratio (Perbandingan kecepatan di tip atau ujung turbin)

DAFTAR PUSTAKA

- Boyle G, 2004. "Reneweble energy power for a sustainable future ", Oxford Press.
- Daryanto Y, 2007, "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu". Balai PPTAGG -UPT - LAGG, Yogyakarta.
- EHMF, wo-Day Seminar on "EfectiveEnergy Systemfor Sustainable Development". Jakarta, May, 2004.

- Gourieres Desire Le, "Wind Power Plants Theory and Design". Pergamon Press, Ltd., Oxford OX3 OBW, England, 1982.
- Harahap Gandhi, "*Perencanaan TeknikMesin*". Erlangga, Jakarta, 1995.
- Hughes W F, Brighton J A, "*FluidDynamics, Schaum's Outline Series*". McGraw-Hill Book Co, New York, 1967.
- In Seong Hwang, dkk., 2005, "*Efficiency Improvement of a New vertikal Axis Wind Turbine By Individual Active Control of Blade Motion*". Brain Korea 21 Project, Seoul National University, korea.
- Mustaqim, Sutrisno, 2007, "*Karakteristik Torsi Turbin angin Poros vertical Aliran Radial*". UGM, Yogyakarta.
- Pikata Sugata, "*Resume Komersi Energi Angin*". Departemen MIPA Universitas Surabaya, 1999, 3:2/3- 3/3.
- ReksoatmodjoNT, 2005, "*Vertical-Axis Differential Drag Windmill*": UNJANI.
- Soelaiinan fauzi T A., P Nathanael, Tandian, Rosidin Nanang, 2006, "*Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Winside untuk PeneranganJalanTo*". YTB,bandwi\$.
- White Frank M., "*FluidMechanics*". McGraw Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, 1979.