

ANALISA PENGARUH PERBEDAAN VARIASI JUMLAH SUDU UNTUK OPTIMALISASI DAYA LISTRIK PADA TURBIN ANGIN SAVONIUS BERTINGKAT

Misbahudin⁽¹⁾, Abdul Wahab⁽²⁾, Unung Lesmanah⁽³⁾

Program Strata Satu Teknik Mesin Universitas Islam Malang ¹⁾,
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang ²⁾
Jl. MT Haryono 193 Malang 65145

ABSTRAK

Sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi dunia. Maka, pemakaian energi juga akan mengalami peningkatan, terutama pada kebutuhan energi listrik. Dengan semakin banyaknya kebutuhan akan energi listrik ini akan berdampak buruk jika tidak adanya sumber energi baru yang bisa dipakai untuk mensuplai energi listrik tersebut. Dalam hal ini energi angin memiliki potensi untuk dijadikan pembangkit listrik. Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan suhu udara. Tenaga angin bisa sangat besar dan keberadaannya terus ada dan bisa menjadi salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik kita perlu sebuah alat yang dinamakan turbin angin. Turbin angin sendiri adalah suatu alat yang memanfaatkan daya dorong angin untuk bergerak. Turbin angin sendiri dibagi menjadi 2 yaitu: turbin angin poros horisontal dan turbin angin poros vertikal. Cara kerja dari turbin angin mengkonversi energi angin menjadi energi listrik adalah ketika angin berhembus turbin angin dipasang pada arah aliran angin sehingga angin menabrak sudu - sudu turbin angin sehingga turbin angin berputar, kemudian putaran dari turbin angin diteruskan ke generator untuk diubah menjadi energi listrik. Guna untuk memenuhi kebutuhan energi listrik maka dilakukannya penelitian tentang pengaruh variasi jumlah sudu terhadap optimalisasi daya listrik pada turbin angin savonius bertingkat. Penelitian ini dilakukan dengan jalan eksperimental yaitu melihat secara langsung bagaimana pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya listriknya. Dengan memvariasikan 2 sudu dibawah dan 2,3,4 sudu diatas, 3 sudu dibawah dan 2,3,4 sudu diatas, dan 4 sudu dibawah dan 2,3,4 sudu diatas. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan daya listrik tertinggi sebesar 4,19 watt dengan efisiensi turbin 1,1% pada variasi 4 sudu dibawah dan 4 sudu diatas, akan tetapi pada variasi sudu 2 dibawah dan 3 sudu diatas terjadi efisiensi tertinggi yaitu 1,5 % dengan daya listrik sebesar 3,34 watt. Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin banyak jumlah sudu yang dipakai daya listrik yang dihasilkan semakin besar juga, akan tetapi efisiensi dari turbin angin tersebut akan semakin kecil seiring bertambahnya jumlah sudu, ini dikarenakan semakin banyak jumlah sudu semakin besar pula beban yang ditimbulkan oleh turbin angin savonius.

Kata kunci: Turbin Angin Savonius, Variasi Jumlah Sudu, Optimalisasi Daya Listrik.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini pertumbuhan ekonomi di dunia berkembang semakin pesat. Maka, pemakaian energi juga akan mengalami peningkatan. Tidak dapat dipungkiri lagi bahwasanya kita tidak bisa lepas dari energi listrik. Dalam dunia industri semua bagian yang ada di industri tersebut memerlukan energi listrik yang cukup besar. Dengan semakin banyaknya kebutuhan energi listrik, kita harus memutar otak untuk menemukan sumber energi baru untuk memenuhi kebutuhan listrik. Angin, dalam hal ini sangat berpotensi untuk dijadikan pembangkit listrik. Angin salah satu sumber energi yang tak ada habisnya seperti, matahari dan air. Dalam hal pemanfaatan energi angin ini akan berdampak positif terhadap lingkungan.

Indonesia memiliki potensi energi angin yang cukup besar yaitu 9,3 GW dan kapasitas yang terpasang saat ini sekitar 0,5 MW (Daryanto, 2006)

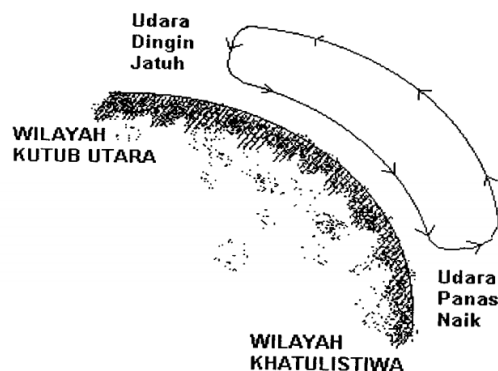
2. TINJAUAN PUSTAKA

(Marizka, 2010) "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin". Kecepatan putar terbesar pada Turbin 1 dengan 20o dan putaran terkecil pada Turbin 8 dengan 80o.

(Sunarwo dan Bambang Sumiyarso, 2011) "Desain model turbin angin empat sudu berbasis silinder sebagai penggerak pompa air" Turbin angin ini memiliki lebar sudu 27,77 cm, tinggi sudu 60cm, dan tebal sudu turbin 0,3cm. Efisiensi sudut bukaan terjadi pada sudu

optimum 45o, dan menurun setelah di uji antara sudut 50o sampai 45o. Keluaran debit sebesar 0,000571429 m³/det, yang bekerja pada kecepatan 9,92 m/s. Daya hidrolis maksimal sebesar 4,184612 watt pada kecepatan angin 9,92 m/s. Efisiensi terbaik pada kecepatan angin 5,66 m/s yaitu sebesar 2,580408292 %, dengan daya kinetis 46,343 watt dan daya hidrolis 1,195 watt.

Pada asanya angin bergerak karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dengan udara dingin. Di daerah katulistiwa yang panas, udaranya menjadi panas, mengembang dan ringan, naik keatas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin misalnya kutub utara. Sebaliknya di daerah kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin turun kebawah. Dengan demikian terjadi suatu putaran udara, berupa perpindahan udara dari kutub utara ke daerah katulistiwa menyusuri permukaan bumi dan sebaliknya, suatu per pindahan udara dari katulistiwa menuju kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Perpindahan udara seperti ini dikenal sebagai angin pasat.(kadir,1987)



Gambar 2.1 skema terjadinya angin: Di daerah dingin udara jatuh, Di daerah panas udara naik. (Kadir,1987)

Berdasarkan data dari WWEA (World Wind Energi Association), sampai dengan tahun 2007 perkiraan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin mencapai 93,85 giga watt, menghasilkan lebih dari 1% dari total kelistrikan secara global. Amerika, Spanyol, Jerman, India, Cina merupakan 5 negara terdepan dalam pemanfaatan energi ang. Cina memproduksi energi 45 GW energi dari 80 ladang angin, Amerika memproduksi energi sebesar 43GW energi dari 101 ladang angin, Jerman memproduksi energi dengan kapasitas 28 GW energi dari 21.607 turbin angin, Spanyol memproduksi energi sebesar 21GW dan

memenuhi 16% kebutuhan listrik di Spanyol, India memproduksi energi sebesar 14GW energi dan menyumbang 1,6% energi listrik di India.

Turbin adalah mesin penggerak dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar turbin, pada turbin yang berputar dinamakan rotor atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Pembangkit listrik tenaga angin atau sering juga disebut Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) berdasarkan arah poros berputar (sumbu) dibagi menjadi 2 jenis yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin.(Daryanto,2007)

Salah satu jenis angin sumbu vertikal (VAWT) yang dapat digunakan pada angin kecepatan rendah adalah turbin angin savonius. Turbin ini ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922. Untuk sistem konversi energi angin, daya yang dihasilkan dapat berasal dari gaya drag atau gaya lift.(Marizka, 2010) Daya yang dimiliki oleh angin dapat diperoleh dari persamaan (Himran Syukri,2006):

$$W = \frac{1}{2} \rho A V^3 \dots\dots(kadir,1987)$$

Dimana :

W = Daya angin (Watt)

ρ = Kerapatan udara ($\frac{kg}{m^3}$)

A = Luas penampang blade (m^2)

V = Kecepatan angin (m/s)

Dari persamaan diatas merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada turbin yang ideal, dimana daya angin dapat diekstrak seluruhnya menjadi energi listrik.

Luas Penampang

$$A = P \cdot L \cdot B \dots\dots(kadir,1987)$$

Dimana:

A = Luas penampang blade (m^2)

P1 = panjang blade (m)

L = lebar blade (m)

B = jumlah sudu (blade)

Daya Turbin Angin

$$P = V \cdot I \cdot \cos \omega \dots\dots(Kadir,1987)$$

Dimana:

P = Daya turbin angin (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

$\cos \omega$ = Faktor daya

Koefisiensi Daya

$$C_p = \frac{P}{W} \dots\dots(Kadir,1987)$$

Dimana:

C_p = Koefisiensi daya

W = Daya angin

P = Daya Turbin

Efisiensi

$$\eta = C_p \cdot 100\% \dots\dots(Kadir,1987)$$

Dimana:

η = Efisiensi

C_p = Koefisiensi daya

(sugiharto,2009) Prosedur analisis varians (*Analysis of Variance - ANOVA*) menggunakan variabel numerik tunggal (*single numerical variable*) yang diukur dari sejumlah sampel untuk menguji hipotesis nol dari populasi yang (diperkirakan) memiliki rata-rata hitung (*mean*) sama. $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots\dots = \mu_8 = \mu_9$ tidak ada pengaruh nyata

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots\dots \neq \mu_8 \neq \mu_9$ ada pengaruh nyata

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{T^{**2}}{N} \dots\dots(Sugiharto,2009)$$

$$JKK = \sum_{i=1}^k \frac{T_{*i}^2}{n_i}$$

$$JKG = JKT - JKK$$

$$KTK = \frac{JKK}{k-1}$$

$$KTG = \frac{JKG}{N-k}$$

$$F_{hitung} = \frac{KTK}{KTG}$$

Dimana:

k : banyaknya kolom

N : banyaknya pengamatan/keseluruhan data

n_i : banyaknya ulangan di kolom ke- i

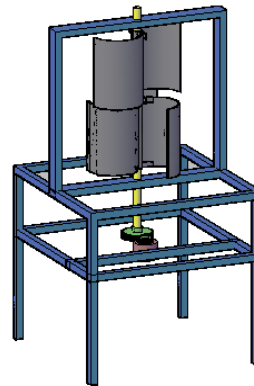
x_{ij} : data pada kolom ke- i ulangan ke- j

T_{*i} : total (jumlah) ulangan pada kolom ke- i

T^{**} : total (jumlah) seluruh pengamatan

3. METODE PENELITIAN

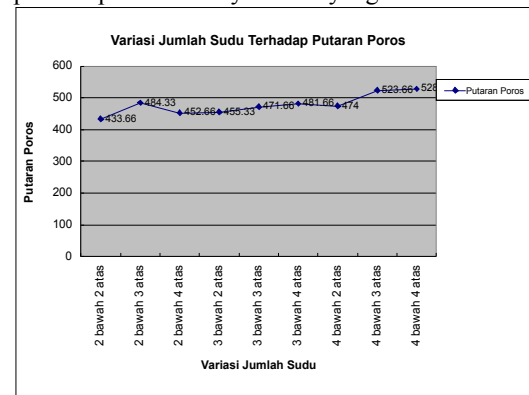
Penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode *eksperimental* dan pendekatan *kuantitatif*. Dengan cara ini akan diuji pengaruh dari variasi jumlah sudu untuk mencari optimalisasi daya listrik pada turbin angin savonius bertingkat. Dengan variasi sudu 2 sudu dibawah dan 2,3,4 sudu diatas, 3 sudu dibawah dan 2,3,4 sudu diatas, 4 sudu dibawah dan 2,3,4 sudu diatas. Variabel bebas adalah variasi jumlah sudu. Variabel terikat adalah putaran poros dan daya listrik yang dihasilkan. Model turbin angin savonius



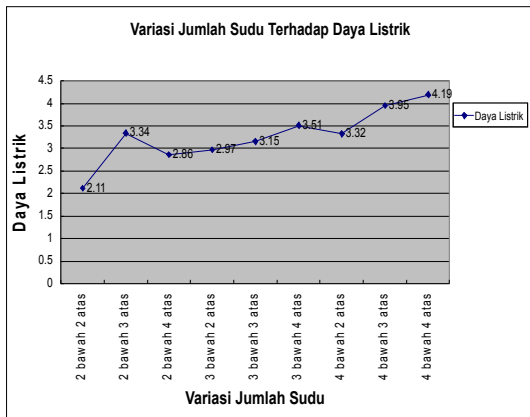
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian turbin angin savonius dengan memvariasikan jumlah sudu didapatkan nilai sebagai berikut:

Dari hasil data yang diperoleh kemudian dilakukan uji statistik ANOVA satu arah. Sehingga didapat kesimpulan dari uji ANOVA yaitu setiap Variasi jumlah sudu memiliki pengaruh terhadap putaran poros dan daya listrik yang dihasilkan, semakin banyak jumlah sudu semakin besar juga putaran poros dan daya listrik yang dihasilkan.



Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa dengan bertambahnya jumlah sudu nilai dari putaran poros juga bertambah. Pada variasi jumlah sudu 4 dibawah dan 4 diatas menghasilkan putaran tertinggi dengan 528 rpm. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah sudu maka tangkapan turbin terhadap daya angin semakin besar, sehingga putaran poros bertambah besar sebanding dengan banyaknya variasi sudu.



Berdasarkan nilai rata - rata daya listrik yang dihasilkan semakin banyak variasi jumlah sudu perolehan daya listrik juga semakin bertambah. Dan daya listrik terbesar yang dihasilkan oleh Turbin Savonius bertitik berada di variasi jumlah sudu 4 bawah 4 atas dengan daya listrik sebesar 4,19 watt. Nilai daya listrik ini sebanding dengan besarnya putaran yang dihasilkan turbin angin.

Akan tetapi untuk efisiensi turbin angin ini tidak sebanding dengan banyaknya variasi jumlah sudu. Efisiensi dari turbin angin terbesar didapat pada variasi 2 sudu dibawah dan 3 sudu diatas sebesar 1,5%. Hal ini terjadi dikarenakan semakin banyak jumlah sudu akan mempengaruhi besarnya putaran poros dan daya listrik, akan tetapi jika jumlah sudunya semakin banyak beban pada turbin juga bertambah sehingga untuk mencapai putaran maksimal turbin akan terbebani dengan banyaknya jumlah sudu.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

- Hasil uji statistik disetiap variasi jumlah sudu memiliki pengaruh terhadap Putaran poros turbin dan daya listrik yang dihasilkan.
- Daya listrik tertinggi dan putaran poros tertinggi didapat pada variasi jumlah sudu 4 bawah 4 atas. Untuk daya listriknya sebesar 4,19 Watt, dan putaran poros sebesar 528 rpm.

N o	Jumla h sudu	Rp m por os (n ₁)	Rpm gene rator (n ₂)	Daya Angi n (Wat t)	Daya Listr ik (Wat t)	koefi sien	Efisi ensi (%)
1	2 dibawah 2 diatas	433,66	867,33	177,21	2,11	0,011	1,1%
2	2 dibawah 3 diatas	484,33	968,66	222	3,34	0,015	1,5%
3	2 dibawah 4 diatas	452,66	938,66	266,8	2,86	0,010	1%
N o	Jumla h sudu	Rp m por os (n ₁)	Rpm gene rator (n ₂)	Daya Angi n (Wat t)	Daya Listr ik (Wat t)	koefi sien	Efisi ensi (%)
1	3 dibawah 2 diatas	455,33	910,66	222	2,97	0,013	1,3%
2	3 dibawah 3 diatas	471,66	943,33	266,8	3,15	0,011	1,1%
3	3 dibawah 4 diatas	481,66	963,33	311,59	3,51	0,011	1,1%
N o	Jumla h sudu	Rp m por os (n ₁)	Rpm gene rator (n ₂)	Daya Angi n (Wat t)	Daya Listr ik (Wat t)	koefi sien	Efisi ensi (%)
1	4 dibawah 2 diatas	474	948	266,8	3,32	0,012	1,2%
2	4 dibawah 3 diatas	523,66	1047,33	311,59	3,95	0,012	1,2%
3	4 dibawah 4	528	1056	355,41	4,19	0,011	1,1%

C. Sementara efisiensi turbin tertinggi didapat pada variasi jumlah sudu 2 bawah 3 atas, yaitu sebesar 1,5%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Farid. 2014. "Optimasi Daya Turbin Angin Savonius Dengan Variasi Celah Dan perubahan Jumlah Sudu". Tegal: Universitas Pancasakti Tegal.
- Anwar, M.S., 2008. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Stasiun Pengisian Accu Mobil Listrik*. Tugas Sarjana. Surabaya: ITS
- Daryanto, Y., 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG - UPT-LAGG
- Giles, Ranald V., 1990. *Mekanika Fluida dan Hidraulika (SI-Metrik) Edisi Kedua (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- M. Haydarul Haqqi, Dr. Gunawan Nugroho, ST. MT. dan Dr. Ir. Ali Musyafa' M.Sc, 2013. "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Jumlah Blade Terintegrasi Circular Shield untuk Memperoleh Daya Maksimum". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Marizka Lustia Dewi, 2010. "Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L untuk Optimasi Kinerja Turbin". Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Mittal, Neeraj. 2001. *Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT*. Thesis. UK: Departement of Mechanical Engineering University of Strathclyde
- Prof. Abdul Kadir, 1987. "Energi". Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta
- Syukri H, 2006. "energi Angin". CV Bintang Lamumpatue, Makasar.
- Satriya Rizkiyanto, Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahjana, Eko Prasetya Budiana, 2015. "Perancangan Turbin Angin Tipe Savonius Dua Tingkat Dengan Kapasitas 100 Watt untuk Gedung Syariah Hotel Solo". Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Sunarwo dan Bambang Sumiyarso, 2011. "Desain Model Turbin Angin Empat Sudu Berbasis Silinder Sebagai Penggerak Pompa Air". Semarang: Politeknik Negri Semarang.
- Tipler, P.A., 1998, *Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan)*, Jakarta: Erlangga

- Toto Sugiharto, 2009. "Analisis Varians". Universitas Gunadarma. Jakarta
- Young, Hugh D, dan Freedman, R.A., 2002. *Fisika Universita. Jilid 1*. Edisi ke- 10. Jakarta: Erlangga. Terjemahan: *University Physics*. Edisi ke-8. 2000. Addison Wesley Longman, Inc