

# ANALISIS TURBIN ANGIN TIPE POROS HORIZONTAL TERHADAP VARIASI JUMLAH SUDU DENGAN SUDU DIBUAT DARI PIPA PVC UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

**Suwarti**

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Semarang Jl Prof Sudarto,SH Tembalang Semarang 50275  
Suwarti77@yahoo.co.id

### Abstrak

*Kebutuhan listrik semakin meningkat, maka sumber energi alternatif sangatlah diperlukan, seperti turbin angin yang bergerak dikarenakan angin. Turbin angin adalah pembangkit yang menggunakan tenaga alternatif yaitu dengan menggunakan tenaga angin. Beban yang digunakan pada turbin angin adalah tahanan geser. Turbin angin yang dibuat adalah turbin angin poros horizontal terhadap variasi jumlah sudu dengan sudu dibuat dari pipa pvc untuk pembangkit listrik tenaga angin. Turbin angin terdiri dari jumlah sudu 3, 4, 5, 6, dan 7. Dalam pengujian turbin angin ini dengan memvariasi jumlah sudu dan variasi kecepatan angin. Dengan variasi jumlah sudu tersebut, nantinya akan di pilih jumlah sudu yang terbaik dan efisiensi yang paling tinggi. Sudu yang baik untuk pembangkit listrik adalah jumlah sudu 3 dengan nilai efisiensi sebesar 2,23 % pada kecepatan angin 6,55 m/s, putaran poros 935 rpm, putaran dinamo 1561 rpm,  $V_{dinamo}$  3,7 V,  $I_{dinamo}$  0,38 A*

**Kata kunci :** turbin angin, jumlah sudu , efisiensi

## 1. PENDAHULUAN

Energi angin merupakan salah satu sumber energi alternatif untuk pembangkitan sedang mendapatkan perhatian besar dari dunia dikarenakan sifatnya yang terbarukan dan ramah lingkungan. Energi angin merupakan energi yang murah, hal ini dikarenakan energi angin disediakan oleh alam yang dapat menggerakkan suatu alat untuk mengubah energi kinetik angin yang nantinya dapat dimanfaatkan sebagai penggerak generator atau dinamo, pompa air dan sebagainya. Rotor (sudu) pada turbin angin digunakan sebagai alat pengkonversi energi angin tersebut.

Pada dasarnya angin terjadi pada temperatur antara udara panas dan udara dingin. Daerah sekitar khatulistiwa, yaitu pada busur 0°, adalah daerah yang mengalami pemanasan lebih banyak dari matahari dibanding daerah lainnya di bumi.

### Energi Angin

Laju aliran massa udara yang mengalir pada suatu penampang A (m<sup>2</sup>) dengan kecepatan v (m/s), maka laju aliran massa udara yang melewati sebuah tempat diperoleh dengan rumus sebagai berikut ;

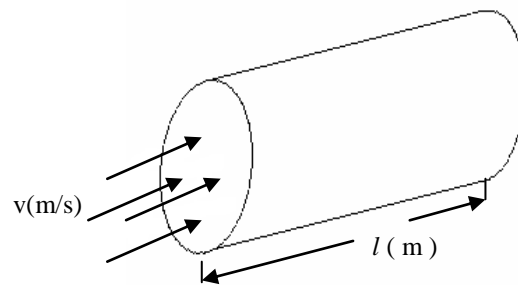
$$\dot{m}_{udara} = \rho \cdot A \cdot v \text{ (kg/s)}$$

*(E.H.Leyesen, 1983:16)*

Dimana :

$\dot{m}_{udara}$	= Laju aliran massa udara	(kg/s)
$\rho_{udara}$	= Massa jenis udara	(kg/m <sup>3</sup> )
A	= Luas sapuan angin	(m <sup>2</sup> )
V	= kecepatan angin	(m/s)

Sehingga besarnya daya kinetis dapat dihitung sebagai berikut :



**Gambar 1.** Luasan sapuan rotor

$$P_{kin} = \frac{1}{2} \cdot \dot{m}_{udara} \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (\rho_{udara} \cdot A \cdot v) v^2$$

*(E.H.Leyesen, 1983:16)*

atau

$$P_{kin} = \frac{1}{2} \cdot (\rho_{udara} \cdot A \cdot v^3)$$

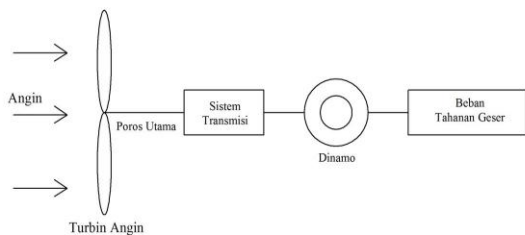
(E.H.Leysen, 1983:16)

Dimana :

- $\rho_{udara}$  = Massa jenis udara
- $A$  = Luas sapuan angin
- $v$  = Kecepatan angin
- $P_{kin}$  = Daya kinetik

**2. METODOLOGI PENELITIAN**

Prinsip kerja dari turbin angin adalah sebagai pengalih, yaitu dari angin akan dirubah menjadi energi kinetik yang nantinya akan digunakan untuk memutar sudu-sudu turbin yang kemudian diteruskan menuju dinamo oleh putaran poros yang sebelumnya akan melalui sebuah transmisi listrik yaitu sabuk dan puli yang akan memperbesar putaran dinamo, dinamo disini berfungsi sebagai energi mekanik, kemudian dari keluaran dinamo akan langsung dapat dimanfaatkan ke beban.



**Gambar 2.** Skema prinsip kerja turbin angin

Daya angin yang terserap oleh turbin angin pada dasarnya dapat dihitung, jika local design speed ( $\lambda_{rd}$ ) =  $\lambda$ (tip speed ratio) dan rotational speed ( $\omega$ ) =  $\Omega$  (rotational speed) maka :

a). Local Design Speed ( $\lambda_{rd}$ )

Rasio antara kecepatan pada tip sudu dengan kecepatan angin.

$$\lambda = \frac{\Omega \cdot R}{v}$$

(E.H Leysen. 1983:83)

b). Kecepatan Sudut ( $\Omega$ )

$$\Omega = \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Tabel. 1 Hubungan  $\lambda$  dengan jumlah sudu

$\lambda_d$	Jumlah sudu
1	6 – 20
2	4 – 12
(kg/m <sup>3</sup> )	3 – 6
(m <sup>2</sup> )	2 – 4
(m/s)	5 – 8
(watt)	8 – 15
	1 - 2

(E.H Leysen. 1983:66)

maka :

c). Local Design Speed ( $\lambda_{rd}$ )

$$\lambda_{rd} = \lambda d \cdot \frac{r}{R}$$

(E.H Leysen. 1983:67)

d).Flow Angle ( $\emptyset$ )

$$\emptyset = \frac{2}{3} \text{ arc tan } \frac{1}{\lambda_{rd}}$$

(E.H Leysen. 1983:67)

e). Blade Setting Angle( $\beta$ )

$$\beta = \emptyset - \alpha$$

(E.H Leysen. 1983:67)

e). Chord/lebar sudu (c)

$$c = \frac{8 \cdot \pi \cdot r}{B \cdot Cl} (1 - \cos \emptyset)$$

(E.H Leysen. 1983:67)

Tabel 2. Ratio Coefisien drag(Cd) dan Coefisien lift(Cl)

No		Cd/Cl	$\alpha$	Cl
1.	Flate	0,1	5 <sup>0</sup>	0,8
2.	plate	0,02	3 <sup>0</sup>	1,25
3.	Curved Plate	0,03	4 <sup>0</sup>	1,1
4.	(10% curvature)	0,2	14 <sup>0</sup>	1,25
5.	Curved plate with tube on concave	0,01	4 <sup>0</sup>	0,08

**Efisiensi sistem**

Efisiensi sistem diperoleh dengan membagi daya dinamo dengan daya kinetik angin.

$$\eta_{sistem} = \frac{P_{dinamo}}{P_{kinetik}} \cdot 100\%$$

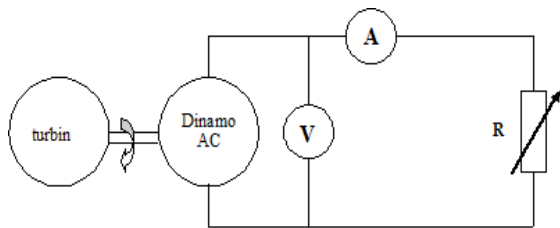
$$\eta_{sistem} = \frac{V_{dinamo} \cdot I_{dinamo}}{\frac{1}{2} \cdot (\rho_{udara} \cdot A \cdot v^3)} \cdot 100\%$$

Dimana

$\eta_{sistem}$  : Efisiensi sistem (%)

$P_{dinamo}$  : Daya keluaran dinamo (Watt)

$P_{kin}$  : Daya kinetik (Watt)



**Gambar 3.** Gambar rangkaian

Keterangan:

A : Amper Meter

V : Volt Meter

R : Tahanan / Beban

Rancang bangun turbin angin tipe poros horizontal yang dihasilkan seperti dalam Gambar 4.



**Gambar 4.** Turbin angin poros horisontal

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengoperasian hasil rancangan bangun turbin angin tipe poros horizontal dilakukan dengan jarak blower 2 meter dimana didapatkan kecepatan angin sebesar 6,55 m/s. Untuk mendapatkan data percobaan dilakukan variasi berbagai macam jumlah sudu, sehingga didapatkan data percobaan sebagai berikut ini:

**Tabel 3.** Turbin angin dengan 3 sudu

No	Tahanan (Ω)	P <sub>dinamo</sub> (watt)	P <sub>kin</sub> (watt)	Eff <sub>sistem</sub> (%)
1	0	0	62,97	0
2	50	0,63	62,97	1,00
3	45	0,748	62,97	1,19
4	40	0,858	62,97	1,36
5	35	0,945	62,97	1,50
6	30	1,08	62,97	1,72
7	25	1,144	62,97	1,82
8	20	1,196	62,97	1,90
9	15	1,312	62,97	2,08
10	10	1,406	62,97	2,23
11	5	1,034	62,97	1,64

**Tabel 4.** Turbin angin dengan 4 sudu

No	Tahanan (Ω)	P <sub>dinamo</sub> (watt)	P <sub>kin</sub> (watt)	Eff <sub>sistem</sub> (%)
1	0	0	80,54	0
2	50	0,61	80,54	0,76
3	45	0,66	80,54	0,82
4	40	0,708	80,54	0,88
5	35	0,855	80,54	1,06
6	30	0,935	80,54	1,16
7	25	1,04	80,54	1,29
8	20	1,152	80,54	1,43
9	15	1,24	80,54	1,54
10	10	1,147	80,54	1,42
11	5	1,008	80,54	1,25

**Tabel 5.** Turbin angin dengan 5 sudu

No	Tahanan (Ω)	P <sub>dinamo</sub> (watt)	P <sub>kin</sub> (watt)	Eff <sub>sistem</sub> (%)
1	0	0	65,3	0
2	50	0,72	65,3	1,10
3	45	0,78	65,3	1,19
4	40	0,793	65,3	1,21
5	35	0,784	65,3	1,20
6	30	0,848	65,3	1,30
7	25	0,85	65,3	1,30
8	20	0,966	65,3	1,48
9	15	1,04	65,3	1,59
10	10	1,131	65,3	1,73
11	5	1,175	65,3	1,80

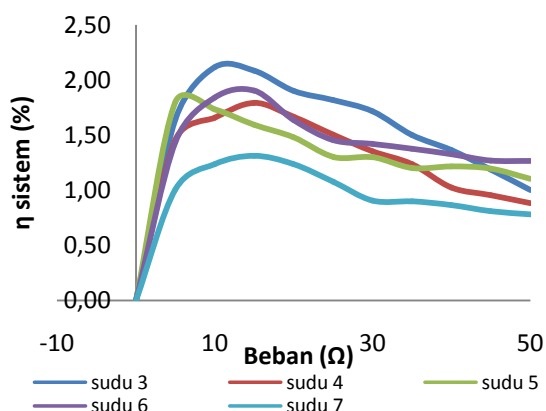
Tabel 6. Turbin angin dengan 6 sudu

No	Tahanan ( $\Omega$ )	$P_{dinamo}$ (watt)	$P_{kin}$ (watt)	$Eff_{sistem}$ (%)
1	0	0	53,92	0
2	50	0,682	53,92	1,26
3	45	0,684	53,92	1,27
4	40	0,715	53,92	1,33
5	35	0,742	53,92	1,38
6	30	0,765	53,92	1,42
7	25	0,784	53,92	1,45
8	20	0,882	53,92	1,64
9	15	1,026	53,92	1,90
10	10	0,992	53,92	1,84

Tabel 7. Turbin angin dengan 7 sudu

No	Tahanan ( $\Omega$ )	$P_{dinamo}$ (watt)	$P_{kin}$ (watt)	$Eff_{sistem}$ (%)
1	0	0	68	0
2	50	0,53	68	0,78
3	45	0,55	68	0,81
4	40	0,588	68	0,86
5	35	0,611	68	0,90
6	30	0,616	68	0,91
7	25	0,731	68	1,08
8	20	0,84	68	1,24
9	15	0,891	68	1,31
10	10	0,841	68	1,24
11	5	0,684	68	1,01

Dari data yang diperoleh dapat digambarkan grafik antara efisiensi system dengan beban turbin ketika beroperasi.



Gambar 5. Grafik efisiensi system dengan beban pada jarak blower 2 m

Pada pengambilan data variasi sudu dengan jarak blower 2m, pada saat praktek, efisiensi tertinggi terdapat pada jumlah sudu 3 yaitu nilai efisiensi = 2,23 % pada beban 10( $\Omega$ ), lalu sudu 6 dengan nilai efisiensi = 1,9 % pada beban 15( $\Omega$ ), lalu sudu 5 dengan nilai efisiensi = 1,8 % pada beban 5( $\Omega$ ), lalu sudu 4 dengan nilai efisiensi = 1,54 % pada beban 15( $\Omega$ ), dan terakhir sudu 7 dengan nilai efisiensi = 1,31 % pada beban 15( $\Omega$ ) . Maka sudu jumlah 3 merupakan jumlah sudu ideal untuk pembangkit listrik tenaga angin, dan jumlah sudu 7 kurang cocok untuk pembangkit listrik. Setelah dicapai efisiensi optimum dan seiring penambahan beban, maka efisiensi akan turun.

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis data pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :Berdasarkan hasil rancangan turbin angin yang sudah dibuat mempunyai dimensi :diameter sudu turbin yaitu 0,7m pemilihan tersebut didasarkan pada diameter blower, yaitu 0,7m.

1. Efisiensi tertinggi terdapat pada jumlah sudu 3, pada jarak blower 2m, posisi beban 10 $\Omega$ , kecepatan angin 6,55 m/s,  $N_{poros} = 935$  rpm,  $N_{dinamo} = 1561$  rpm,  $V_{dinamo} = 3,7$  V,  $I_{dinamo} = 0,38$  A,  $P_{dinamo} = 1,406$  watt dengan efisiensi sistem = 2,23 %. Sehingga jumlah sudu 3 cocok untuk pembangkit listrik, karena efisiensi sudu 3 lebih tinggi daripada sudu yang lain.
2. Efisiensi terendah terdapat pada jumlah sudu 7, pada jarak blower 3m, posisi beban 50 $\Omega$ , kecepatan angin 5,8 m/s,  $N_{poros} = 613$  rpm,  $N_{dinamo} = 1022$  rpm,  $V_{dinamo} = 4,5$  V,  $I_{dinamo} = 0,05$  A,  $P_{dinamo} = 0,225$  watt dengan efisiensi sistem = 0,51 %.
3. Besarnya daya yang dihasilkan oleh dinamo tergantung pada besarnya kecepatan angin, dan jumlah sudu turbin.
4. Besarnya daya yang dihasilkan angin tergantung dari kecepatan angin yang menerpa turbin, luas penampang turbin dan massa jenis udara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arum Yulita, dkk. 2005. *Pembuatan dan pengujian turbin angin darrieus Variasi Jumlah Sudu Dengan Kombinasi Sudu Savonius Satu Tingkat Sebagai Alat Uji Praktikum Laboratorium Teknik Energi*. Politeknik Negeri Semarang.
- El-Wakil, M.M. 1992. Instalasi Pembangkit Daya. Jakarta : Gelora Aksara Pratama
- [http://community.gunadarma.ac.id/user/oke\\_sofyan/blogs](http://community.gunadarma.ac.id/user/oke_sofyan/blogs) diakses tanggal 12 Juli 2010
- [http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin#Kelebihan\\_TASH](http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin#Kelebihan_TASH) diakses tanggal 23 Juli 2010
- [http://www.simetric.co.uk/si\\_wood.htm](http://www.simetric.co.uk/si_wood.htm) diakses tanggal 4 Agustus 2010
- <http://www.windpower.org> diakses tanggal 20 Agustus 2010
- Khoirozi, dkk. 2003. *Rancang Bangun Turbin Angin Multi Blade ( 12 sudu ) Sebagai Alat Uji Untuk Melengkapi Alat Praktikum Di Laboratorium Teknik Konversi Energi*. Politeknik Negeri Semarang.
- Leysen, E.H. 1983. *Introduction to Wind Energy*. PO BOX 85/Amersfort/The Netherlands: Steering Committee Wind Energy, Developing Countries.
- Sularso et all, 2002. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Pramita.