



## **ANALISA PENGARUH KECEPATAN ANGIN DAN JUMLAH SUDU TERHADAP DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN PADA KINCIR ANGIN TIPE HORIZONTAL**

**EkoMachrus Ali, Ir. GatutPriyoUtomo, M.Sc**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia  
email: [machrus\\_ali83@yahoo.co.id](mailto:machrus_ali83@yahoo.co.id)

### **ABSTRAK**

Sumber energi terbarukan saat ini sangat dibutuhkan, salah satu cara mengatasinya adalah memanfaatkan angin dengan membuat kincir angin tipe horisontal yang mana kincir angin dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik sebagai alternatif pemecahan masalah kebutuhan listrik yang semakin meningkat setiap tahun.

Rumusan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin dan jumlah sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan ditinjau dari gaya lift, kecepatan sudut, tip speed ratio, torsi, daya kincir angin, koefisien daya dan efisiensi sistemnya dengan metode penelitian variasi kecepatan angin 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s dengan menggunakan sudu 2 blade dan 3 blade.

Hasil dari penelitian yang didapat bahwa efisiensi sistem ( $\eta_s$ ) sebesar 139,81% pada kecepatan angin 1 m/s dengan koefisien daya ( $C_p$ ) sebesar 17,45% tetapi pada kecepatan angin 4 m/s. Sedangkan daya listrik tertinggi didapat 2,477 Watt dengan kecepatan angin 5 m/s pada daya angin 35,721 Watt dimana semuanya didapatkan pada pengujian sudu 3 blade.

**Kata kunci:** Efisiensi sistem dan daya listrik, Kecepatan angin, Kincir angin horisontal.

### **PENDAHULUAN**

Saat ini energi yang terbarukan sangat dibutuhkan, karena kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin meningkat tiap tahunnya. Kebutuhan energi meningkat secara bertahap, baik ditinjau dari kapasitasnya, kualitasnya maupun dari tuntutan distribusinya.

Meningkatnya kebutuhan energi listrik di Indonesia setiap tahunnya ini sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Karena begitu besarnya, maka hal ini akan menjadi masalah bila dalam penyediaannya tidak sejalan dengan kebutuhan.

Untuk mengatasi pemenuhan kebutuhan listrik ini, maka diperlukan sebuah sumber energi baru

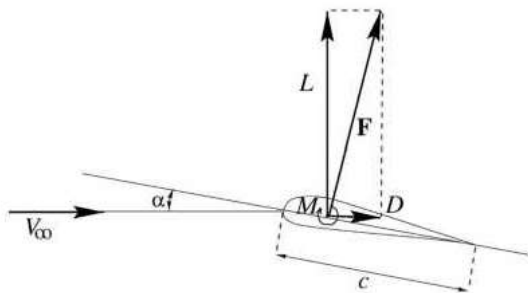
yang mampu memenuhi kebutuhan listrik nasional yang semakin besar. Angin sebagai sumber yang sangat banyak tersedia di alam dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi listrik. Angin merupakan sumber energi yang tidak ada habisnya sehingga pemanfaatan energi ini sebagai salah satu sumber energi yang akan berdampak positif terhadap kebutuhan listrik nasional.

Hal ini dirasa sangat perlu untuk mengetahui lebih dalam mengenai energi angin dan pembangkit listrik tenaga angin ini. Selain itu juga perlu diketahui proses pembangkitan listrik tenaga angin ini dapat dianalisa kelebihan dan

kekurangannya dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik lainnya.

### Turbin Angin Horizontal

Turbin angin dengan sumbu horizontal mempunyai sudu yang berputar dalam bidang vertikal seperti halnya propeller pesawat terbang. Turbin angin ini biasanya mempunyai sudu dengan bentuk irisan melintang khusus di mana aliran udara pada salah satu sisinya dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara di sisi yang lain ketika angin melewatinya. Fenomena ini menimbulkan daerah tekanan rendah pada belakang sudu dan daerah tekanan tinggi di depan sudu. Perbedaan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar.



Gambar 1.1 Gaya lift dan drag saat melewati sudu

Jumlah sudu rotor yang dirancang dengan desain turbin angin dapat ditentukan oleh efisiensi, aerodinamis dan biaya. Turbin angin yang ideal memiliki banyak sudu yang tipis namun kebanyakan generator turbin angin sumbu horizontal hanya memiliki satu, dua atau tiga sudu.

Kelebihan turbin angin horizontal adalah efisiensi lebih tinggi, karena sudu/blade selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin dan dapat menerima daya sepanjang putaran. Sebaliknya pada turbin tipe vertikal, melibatkan gaya timbal balik yang membutuhkan permukaan airfoil untuk mundur melawan angin sebagai bagian dari siklus backtracking melawan angin menyebabkan efisiensi lebih rendah.

### Komponen-komponen yang ada di dalam turbin angin yaitu :

1. Blades/Sudu  
:Turbin dibuat pada umumnya menggunakan dua atau

tiga sudu, dimana pada komponen inilah yang akan menerima putaran angin untuk menggerakkan poros.

2. Low-speed shaft : Berfungsi meneruskan putaran rendah ke poros rangkaian rodagigi.

3. Gear box : Rangkaian rodagigi yang menghubungkan poros kecepatan tinggi dengan poros kecepatan rendah dan meningkatkan kecepatan dari sekitar 30-60 rpm hingga sekitar 240-480 rpm.

4. High-speed shaft : Mengubah poros rotor kecepatan tinggi hingga sekitar 240-480 rpm.

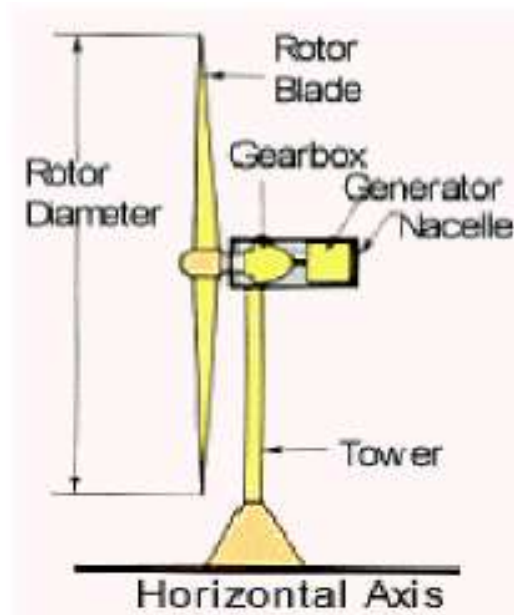
5. Generator : Sebuah induksi generator yang dapat menghasilkan energi listrik dari 60 siklus listrik AC/DC.

6. Tower : Menara yang terbuat dari baja tabung, beton atau kisi-baja dan dibangun tinggi agar memungkinkan turbin dapat menangkap lebih banyak energi angin dan dapat menghasilkan listrik lebih banyak.

7. Sirip Ekor : Digunakan untuk menjaga rotor selalu menghadap arah angin agar baling-baling dapat menangkap angin dengan maksimal

8. Penyimpan energi (Baterai) : Alat penyimpanan energi yang berfungsi sebagai back-up energi listrik.

Ketika beban penggunaan daya listrik masyarakat meningkat atau ketika kecepatan angin suatua daerah sedang menurun, maka kebutuhan permintaan daya listrik tetap dipenuhi.



Gambar 1.2 Bagian-bagian turbin angin



Gambar 1.3 Turbin angin 3 blade



Gambar 1.4 Turbin angin 2 blade

**Kelebihan Turbin Angin Horisontal :**

1. Tower nya di buat tinggi agar memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan maksimal.
2. Efisiensi lebih tinggi, karena sudu/blade selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin dan dapat menerima daya sepanjang putaran.

**Kekurangan Turbin Angin Horisontal :**

1. Dibutuhkan konstruksi tower yang cukup besar untuk menopang beban blade, gear box dan generator.
2. Komponen-komponen dari turbin angin horisontal (blade, gear box dan generator) harus diangkat bersama ke posisinya pada saat pemasangan.
3. Konstruksi yang tinggi, maka turbin ini bisanya terlihat pada jarak yang jauh dan cukup merusak pemandangan bagi sebagian orang.
4. Membutuhkan kontrol atau mekanisme untuk selalu mengarahkan blade ke arah angin

5. Pada umumnya membutuhkan sistem pengereman pada angin yang kencang untuk mencegah turbin mengalami kerusakan.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Study Literatur – Perumusan Konsep – Perancangan Alat – Pengujian Turbin – Analisa Data – Kesimpulan.

**Alat Ukur Untuk Pengujian**

1. Anemometer untuk mengukur kecepatan angin, yaitu type Kestrel 4000
2. Tachometer untuk mengukur kecepatan putaran poros kincir angin, yaitu type Constant RPM78
3. Multimeter untuk mengukur tegangan dan arus listrik dari generator, yaitu type Fluke 115

Data kecepatan angin rata-rata di Surabaya adalah sebagai berikut :

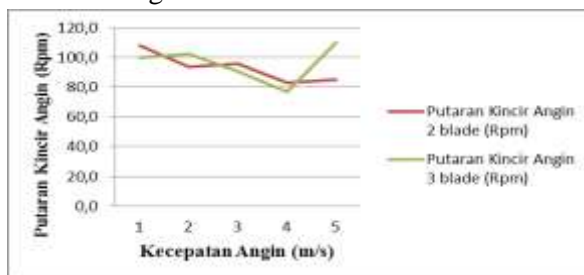
Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Jam	Kecepatan Angin (m/s)
09:00 - 13:00	0,8	20:00 - 22:30	2,9
	1,1		3
	1,4		3,2
	1,6		3,4
	1,8		4
	2		4,1
	2,2		4,2
	2,4		4,3
	2,6		
	3		
	3,1		
	3,2		
	3,5		
	4		
	4,4		
	5,1		

Berikut adalah data hasil pengujian kincir angin penggerak generator dengan menggunakan metode pengukuran random dan perhitungan yang dilakukan di dalam ruang dengan menggunakan metode angin buatan sesuai kecepatan angin yang diinginkan :

Data 2 blade				
Sudut	Kecepatan Angin (m/s)	Kode	Putaran Kincir Angin (rpm)	Putaran Generator (rpm) berdasarkan hitungan
60°	1	G1	64,1	426,91
	2	G2	88,6	590,08
	3	G3	94,9	632,03
	4	G4	105,0	699,30
	5	G5	112,0	745,92
60°	1	H1	64,4	428,90
	2	H2	88,5	589,41
	3	H3	95,0	632,70
	4	H4	103,0	685,98
	5	H5	114,0	759,24
60°	1	I1	63,9	425,57
	2	I2	88,0	586,08
	3	I3	96,0	639,36
	4	I4	106,0	705,96
	5	I5	110,0	732,60

Data 3 blade				
Sudut	Kecepatan Angin (m/s)	Kode	Putaran Kincir Angin (rpm)	Putaran Generator (rpm) berdasarkan hitungan
60°	1	G1	66,1	440,23
	2	G2	91,5	609,39
	3	G3	97,7	650,68
	4	G4	107,5	715,95
	5	G5	116	772,56
60°	1	H1	66	439,56
	2	H2	91,5	609,39
	3	H3	97,7	650,68
	4	H4	107,4	715,28
	5	H5	115	765,90
60°	1	I1	66,1	440,23
	2	I2	91,5	609,39
	3	I3	97,8	651,35
	4	I4	107,6	716,62
	5	I5	117	779,22

Dari tabel di atas maka dapat grafik hasil random sebagai berikut:



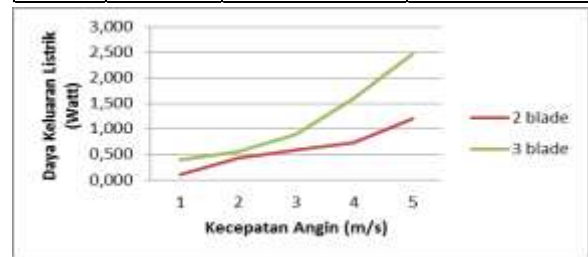
Pada grafik hubungan kecepatan angin dengan putaran kincir angin di atas, terlihat bahwa secara rata-rata putaran kincir anginnya tidak terlalu signifikan jauh selisihnya. Grafik di atas menunjukkan bahwa rata-rata putaran kincir angin berkisar antara 76,6 Rpm sampai 110 Rpm. Hal ini dikarenakan gaya dorong angin yang menghambat urbin cukup seimbang baik pada 2 blade dan 3 blade.

## Daya Listrik Generator

Data daya listrik yang dihasilkan pada generator

beserta diagramnya adalah sebagai berikut :

Daya Keluaran listrik (Watt) 2 Blade & 3 Blade			
No.	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Keluaran listrik 2 blade (Watt)	Daya Keluaran listrik 3 blade (Watt)
1	1	0,115	0,400
2	2	0,426	0,564
3	3	0,594	0,904
4	4	0,730	1,610
5	5	1,209	2,477



Dari grafik hubungan kecepatan angin dan daya listrik dengan menggunakan 2 blade & 3 blade di atas, diperoleh data bahwa kincir angin 3 blade mampu menghasilkan daya listrik yang lebih besar bila dibandingkan dengan kincir angin 2 blade.

## Koefisien Daya

Adalah hasil perbandingan antara daya angin dengan daya kincir angin

$$C_p = \frac{\text{Daya Kincir}}{\text{Daya Angin}} \times 100\%$$

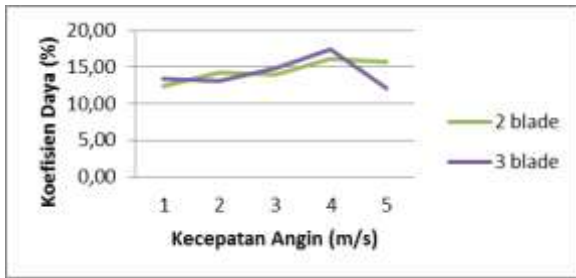
Dimana :  $C_p$  = Koefisien daya (%)

PT = Daya kincir angin (Watt)

PA = Daya angin (Watt)

Didapatkan data dan grafik sebagai berikut :

No.	Kecepatan Angin (v)	2 blade (%)	3 blade (%)
	m/s	(%)	(%)
1	1	12,42	13,42
2	2	14,28	13,10
3	3	13,97	14,79
4	4	16,17	17,45
5	5	15,78	12,15



Dari grafik hubungan kecepatan angin dan koefisien daya dengan menggunakan 2 blade & 3 blade di atas, dapat dinyatakan bahwa pada 3 blade memiliki nilai prosentase efisiensi daya yang tertinggi yaitu mencapai 17,45% pada kecepatan angin 4 m/s bila dibandingkan dengan menggunakan 2 blade.

### Efisiensi Sistem

Adalah perbandingan antar dayalistrik yang dihasilkan pada generator dengan daya kinetik yang dihasilkan oleh angin. Nilai efisiensi sistem dapat ditentukan pada persamaannya berikut :

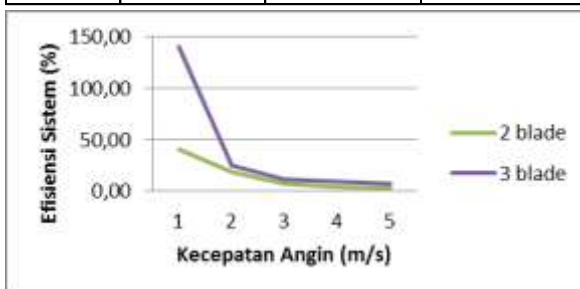
$$\eta = \frac{P_l}{P_a} \times 100\%$$

Dimana :  $P_l$  = Daya listrik yang dihasilkan generator (Watt)

$P_a$  = Daya angin (Watt)

Didapatkan data dan grafik sebagai berikut :

Efisiensi Sistem 2 Blade & 3 Blade			
No.	Kecepatan Angin (v)	2 Blade (%)	3 Blade (%)
	m/s		
1	1	40,16	139,81
2	2	18,61	24,65
3	3	7,70	11,72
4	4	3,99	8,80
5	5	3,39	6,94



Dari grafik di atas, berdasarkan pengujian kincir angin pada berbagai kecepatan angin dengan menggunakan 2 blade & 3 blade terlihat bahwa semakin bertambahnya kecepatan angin, efisiensi sistem semakin menurun. Hal ini berlaku pada setiap jumlah blade dan ini dikarenakan semakin bertambahnya kecepatan angin, perbandingan antar dayalistrik yang dihasilkan dengan daya angin semakin besar selisihnya.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berikut beberapa kesimpulan yang kami dapat dari pengujian analisis pengaruh kecepatan angin dan jumlah sudu pada kincir angin sebagai tenaga penggerak generator adalah sebagai berikut :

1. Semakin besar nilai kecepatan angin, maka daya angin juga semakin tinggi, namun efisiensi sistem semakin menurun.
2. Pada sudu 2 blade memiliki tip speed ratio dan putaran (rpm) yang tertinggi bila dibandingkan dengan sudu 3 blade.
3. Daya mekanik kincir angin dengan sudu 2 blade lebih besar bila dibandingkan dengan daya mekanik kincir angin dengan sudu 3 blade.
4. Koefisien daya dengan menggunakan 2 blade memiliki nilai prosentase koefisien daya yang tertinggi yaitu mencapai 17,45% bila dibandingkan dengan menggunakan 2 blade.
5. Pada sudu 3 blade mampu menghasilkan dayalistrik yang lebih besar bila dibandingkan dengan sudu 2 blade.
6. Secara garis besar sudu dengan 3 blade mampu menghasilkan dayalistrik yang lebih besar dibandingkan dengan sudu 2 blade, meskipun pada daya mekanik 3 blade nilainya lebih kecil dibandingkan dengan sudu 2 blade.

### Saran

Beberapa saran untuk memperbaiki tuas akhir ini adalah :

1. Perlu adanya pembuatan rod gigi yang lebih presisi mengingatsangat berpengaruh terhadap putaran poros agar lebih halus

2. Gear box sudah di buat penutup untuk penampung oli pelumas pada rodagigimunbelumbisaterpasangsaatpengujian.
3. Perbandingan rasio rodagigimemerlukan peninjauan ulang agar putaran kincir angin lebih ringan (dayamekanik) akan tetapi putaran poros output tetap lebih cepat.

#### **REFERENSI**

1. Sulisty Atmadi, Ahmad Jamaludin Fitroh, Firman Hartono, Peneliti Pusat Teknologi Dirgantara Terapan, LAPAN, Peneliti Teknik Penerbangan ITB :PENGARUH VARIASI SUDUT SERANG SUDU PADAPRESTASI TURBIN ANGIN.
2. Department of Electric Power Engineering, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Goteborg, Sweden 2003 :Modeling of Wind Turbines for Power System Studies.
3. Puji S, Satwiko S, Taufik, Universitas Negeri Jakarta, Jalan Pemuda 10 Rawamangun, Jakarta Timur, Indonesia:STUDI AWAL PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP DAYA KELUARAN TURBIN ANGIN TIPE HORIZONTAL BERDIAMETER 1,6 METER SEBAGAI SUMBER PENYEDIA LISTRIK PADA PROYEK RUMAH DC DI FMIPA UNJ.
4. Ravi Anant Kishore, Master of Science In Mechanical Engineering, May 06, 2013 Blacksburg, VA : Small-scale Wind Energy Portable Turbine (SWEPT).