

PROTOTYPE TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK SEBAGAI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK RAMAH LINGKUNGAN

Dita Rama Insiyanda^{1*)}, Cecep Rustana²⁾, Fitri Kurniati²⁾, Ika Murtiningsih²⁾, Putri Wulandari²⁾, Rolla Tristina Dewi²⁾

¹Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kompleks Pusptek, Serpong Tangerang 15314

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta, Jakarta 13220

^{*)}dita002@lipi.go.id

^{*)}dita.rama.insiyanda@gmail.com

Abstrak

Turbin angin sumbu tegak yang memiliki desain lebih sederhana dan tidak perlu ada pengarah angin, dapat berputar oleh tiupan angin dari segala arah, dan tidak akan mengalami overspeed, turbin angin jenis ini juga selalu dapat berputar walaupun tiupan angin berkecepatan rendah dan berubah-ubah. Turbin angin ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya baling-baling (sudu), rotor (magnet) dan stator (koil/ kumparan) dengan tinggi 65cm. Baling-baling yang di rancang dan diuji adalah baling-baling dua sudu dengan diameter sudu 9 cm (kecil), baling-baling dua sudu dengan diameter sudu 17 cm (besar), baling-baling enam sudu dengan diameter sudu 9 cm (kecil). Hasil pengukuran output tegangan dan arus pada setiap jenis baling-baling dengan variasi kecepatan dibandingkan dengan menggunakan alat ukur multimeter, Berdasarkan hasil pengujian baling-baling dengan 6 sudu berdiameter 9 cm menghasilkan tegangan dan 3.5V-4V (AC) dan 2.1V-2.4(DC), serta arus sebesar 1,3mA-4,1mA (AC) dan 0,8mA-3,4mA (DC).

1. Pendahuluan

Krisis energi saat ini sekali lagi mengajarkan kepada kita, bangsa Indonesia bahwa usaha serius dan sistematis untuk mengembangkan dan menerapkan sumber energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil perlu segera dilakukan. Penggunaan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, terutama yang dapat mengurangi berbagai dampak buruk yang ditimbulkan akibat penggunaan BBM. Desakan untuk meninggalkan minyak bumi sebagai sumber pengadaan energi nasional saat ini terus digulirkan oleh berbagai pihak, termasuk dari pemerintah sendiri. Langkah tersebut diperlukan agar Indonesia keluar dari krisis energi yang berkelanjutan.

Turbin angin sumbu tegak merupakan alternatif pembangkit tenaga listrik yang dapat diaplikasikan baik di daerah pesisir maupun perkotaan karena turbin angin jenis selalu dapat berputar walaupun didaerah yang memiliki tiupan angin berkecepatan rendah dan berubah-ubah

2. Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Penelitian ini

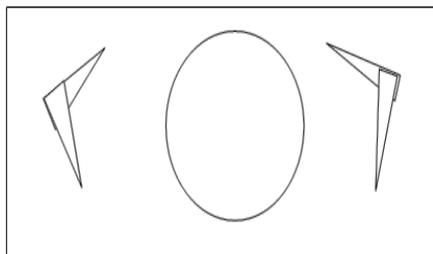
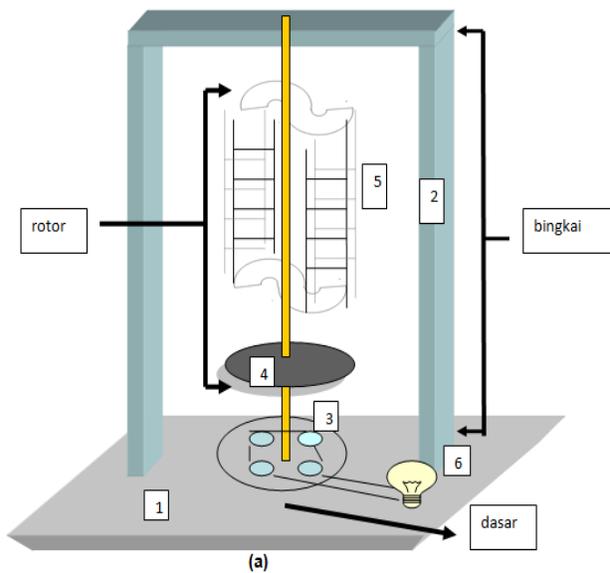
merupakan jenis penelitian laboratories, dimana aktifitas laboratorium dilakukan pada saat pembuatan unit praktikum yang sudah direncanakan kemudian dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan setelah unit tersebut selesai dibuat.

Turbin angin sumbu tegak yang dirancang terdiri atas tiga bagian yaitu: Rotor, Bingkai, Dasar. Rotor terdiri dari baling-baling yang akan berputar bila tertiup angin dan Magnet kancing 16 buah yang dipasang dalam satu as (sumbu putar).

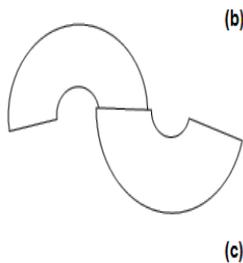
Tiga jenis baling-baling yang dirancang yaitu, diantaranya, Baling-baling 2 sudu (kecil) dengan diameter setiap sudu 9 cm, Baling-baling 6 sudu (kecil) dengan diameter setiap sudu 9 cm, Baling-baling 2 sudu (Besar) dengan diameter setiap sudu 17 cm. bagian dasar turbin angin sumbu tegak diletakkan koil / kumparan sebanyak 8 kumparan yang setiap kumparan terdiri dari 800 lilitan.

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan. Suplay angin diperoleh dari Variasi kecepatan putaran kipas angin dan angin tepi pantai. Tiga variasi kecepatan angin yang digunakan sebesar 4,2 m/s, 4,6 m/s, dan 5,2 m/s. sedangkan pantai sebagai kondisi *real* angin di alam.

Selanjutnya dilakukan perbandingan antara tegangan dan arus yang dihasilkan dari putaran baling-baling yang sudah dirancang.



Kertas pola 1 untuk dasar (peletakkan kumparan dan bingkai)



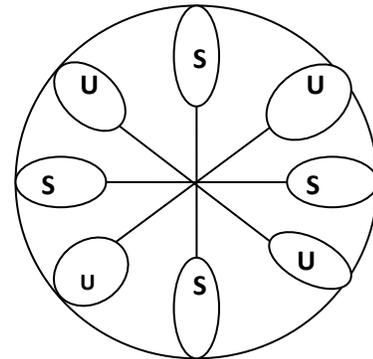
Kertas pola 2 untuk baling-baling

Gambar 1. (a) Desain turbin angin;(b) Pola dasar peletakkan kumparan;(c) Pola untuk peletakkan baling-baling

Rotor

Tempat dudukan magnet, terbuat dari fiber atau penampang berbentuk lingkaran yang cenderung ringan. Di bagian bawah fiber ditempel magnet mengikuti letak masing-masing kumparan.

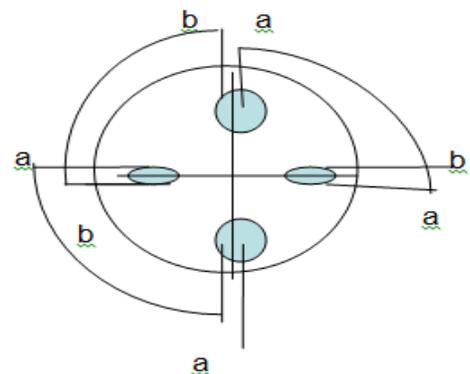
Magnet yang digunakan adalah magnet kancing yang memiliki kutub atas dan bawah. Magnet lain selain kancing dapat digunakan tetapi kutub magnet untuk menghasilkan fluks magnetic yang magsimal dan agar antara sisi-sisi/ keliling magnet tidak tarik menarik yang dapat menyebabkan rotor tidak stabil. Kutub magnet dipasang N-S-N-S (selang-seling).



Gambar 2. Pola untuk peletakkan magnet

Stator

Kumparan kawat, terbuat dari gulungan kawat email. Untuk membantu proses penggulungan, dapat menggunakan potongan kardus atau papan triplek bekas atau jenis lain dengan ukuran diameter sama seperti tempat dudukan magnet. Proses penggulungan kawat dilakukan secara searah dan teratur. Kumparan kawat ini terdiri dari minimal 200 lilitan kawat (dalam penelitian ini 800 lilitan).hasil proses penggulungan diikat dengan menggunakan isolasi elektrik.



Gambar 3. Pola untuk peletakkan kumparan

Pada mulanya, sebelum pengujian atau pengambilan data dilakukan, magnet yang digunakan

hanya 8 buah dengan 8 kumparan yang masing-masing kumparan terdiri dari 300 lilitan, tegangan yang dihasilkan paling tinggi 0,5 volt dan tidak bias menyalakan LED. Kemudian dirancang dengan menambah magnet 8 buah lagi, dengan cara menempelkan atau menambahkan di atas magnet yang sebelumnya ditempelkan pada dudukan magnet. Selain menambah magnet, dilakukan pula penambahan jumlah lilitan pada kumparan menjadi 800 lilitan. Setelah kondisi rotor dan stator diubah tegangan minimum yang dihasilkan menjadi 3,5 volt.

Tegangan minimum ini dihasilkan dengan menyuplai energi angin menggunakan kipas angin listrik dengan kecepatan putar terendah. Rata-rata untuk keluaran tegangan turbin angin sumbu tegak adalah:

$$\bar{V} = \frac{\sum V}{n} \quad (1)$$

Rata-rata untuk keluaran arus turbin angin sumbu tegak adalah:

$$\bar{I} = \frac{\sum I}{n} \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Tiga variasi kecepatan putar kipas angin yang digunakan sebesar 4,2 m/s, 4,6 m/s, dan 5,2 m/s.

Tabel 1. Tegangan output rata-rata AC

Jenis baling-baling	Tegangan output rata-rata AC (VOLT)			
	Variasi kecepatan putar kipas angin ke-			pantai
	1	2	3	
Baling 2 sudu kecil	3.56	3.550	3.822	2.922
Baling 6 sudu kecil	3.50	3.732	3.87	4.008
Baling 2 sudu besar	3.57	3.766	3.846	3.064

Tabel 2. Tegangan output rata-rata DC

Jenis baling-baling	tegangan output rata-rata DC (VOLT)			
	Variasi kecepatan putar kipas angin ke-			pantai
	1	2	3	
Baling 2 sudu kecil	2.076	2.134	2.312	1.342
Baling 6 sudu kecil	2.164	2.232	2.34	2.412
Baling 2 sudu besar	2.104	2.238	2.332	1.47

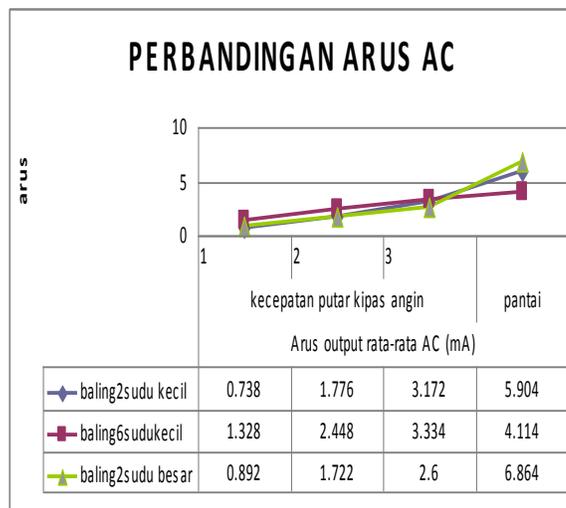
Tabel 3. Arus output rata-rata AC

Jenis baling-baling	Arus output rata-rata AC (mA)			
	Variasi kecepatan putar kipas angin ke-			pantai
	1	2	3	
Baling 2 sudu kecil	0.738	1.776	3.172	5.904
Baling 6 sudu kecil	1.328	2.448	3.334	4.114
Baling 2 sudu besar	0.892	1.722	2.6	6.864

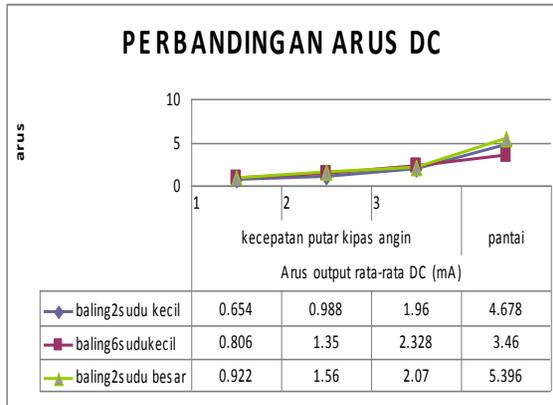
Tabel 4. Arus output rata-rata DC

Jenis baling-baling	Arus output rata-rata DC (mA)			
	Variasi kecepatan putar kipas angin ke-			pantai
	1	2	3	
Baling 2 sudu kecil	0.654	0.988	1.96	4.678
Baling 6 sudu kecil	0.806	1.35	2.328	3.46
Baling 2 sudu besar	0.922	1.56	2.07	5.396

Tabel di atas dengan menunjukkan bahwa tegangan output DC lebih kecil dibandingkan tegangan output AC, hal ini karena tegangan keluaran dari turbin yang berupa tegangan AC di gunakan sebagian oleh penyearah (rectifier sekitar 1-2 volt).



Gambar 4. Grafik Perbandingan Arus AC

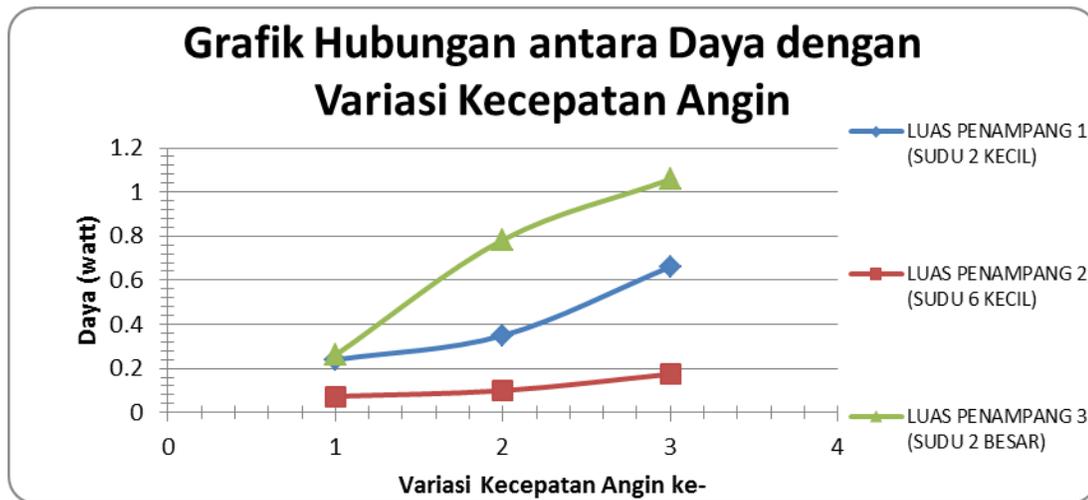


Gambar 5. Grafik Perbandingan Arus DC

Dari Grafik terlihat bahwa ada beberapa hal yang mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan, yaitu: kecepatan angin yang mendorong baling-baling, ukuran diameter baling-baling, jumlah sudu pada baling-baling. Tegangan dan arus yang dihasilkan akan semakin besar jika salah satu atau semua hal tersebut yang mempengaruhi diperbesar.

Tabel 4. Dari data di atas di dapatkan daya sebagai berikut:

	P ₁ (Watt)	P ₂ (Watt)	P ₃ (Watt)
Luas penampang 1 (sudu 2 kecil)	0.239	0.349	0.660
Luas penampang 2 (sudu 6 kecil)	0.073	0.099	0.174
Luas penampang 3 (sudu 2 besar)	0.260	0.783	1.057



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Daya dengan Variasi Kecepatan Angin

Analisa Data

Dalam penelitian ini digunakan rotor yang terdiri dari magnet kancing sebanyak 8 buah dan kumparan 300 lilitan sebanyak 8 buah, dimana dalam penelitian digunakan 3 macam baling-baling dengan luas penampang dan jumlah sudu yang berbeda. Data menghasilkan fluks magnetik, yang pada akhirnya diperoleh beda potensial dan arus listrik yang berbeda diambil dengan memberikan berbagai macam variasi putaran kecepatan angin untuk memutar sudu baling-

baling sehingga membuat rotor bergerak dan pada output. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan dipengaruhi.

Berdasarkan data beda potensial dan kuat arus yang didapatkan, maka dapat dihitung daya yang dihasilkan dengan mengalikan beda potensial dengan kuat arus tersebut. Daya yang dihasilkan yaitu: oleh luas penampang dan kecepatan angin. Tiga variasi

kecepatan angin yang digunakan sebesar 4,2 m/s, 4,6 m/s, dan 5,2 m/s.

1. Daya pada luas permukaan 1 (sudu 2 kecil), pada
 - Variasi kecepatan angin ke-1 adalah 0.23959
 - Variasi kecepatan angin ke-2 adalah 0.34940
 - Variasi kecepatan angin ke-3 adalah 0.66082
2. Daya pada luas permukaan 2 (sudu 6 kecil), pada
 - Variasi kecepatan angin ke-1 adalah 0.07358
 - Variasi kecepatan angin ke-2 adalah 0.09960
 - Variasi kecepatan angin ke-3 adalah 0.17409
3. Daya pada luas permukaan 3 (sudu 2 besar), pada
 - Variasi kecepatan angin ke-1 adalah 0.26038
 - Variasi kecepatan angin ke-2 adalah 0.7830
 - Variasi kecepatan angin ke-3 adalah 1.05730

Berdasarkan grafik yang didapatkan, daya pada luas penampang dua (sudu 6 kecil) lebih kecil daripada daya pada luas penampang satu. Hal ini dikarenakan angin yang melewati sudu tersebut tidak tertampung optimal pada penampang. Berbeda halnya dengan luas penampang satu (sudu 2 kecil), angin yang melewati sudu ini tertampung optimal pada penampang.

Sedangkan pada pola sudu 2 besar, daya yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh pola sudu 2 kecil. Hal ini dikarenakan pada pola sudu 2 besar dapat menampung angin lebih besar dan angin yang tertampung sangat optimal dibandingkan dengan pola sudu 2 kecil. Pada perputaran turbin dengan menggunakan pola sudu 2 besar, akan mempercepat perputaran rotor yang mengakibatkan penambahan jumlah fluks diantara magnet dengan kumparan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan turbin angin sumbu tegak dapat diaplikasikan sebagai pembangkit tenaga listrik. Namun, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya Jumlah sudu dan ukuran diameter sudu memiliki hubungan sebanding dengan tegangan dan arus yang dihasilkan. Jumlah lilitan pada kumparan dan jenis atau kekuatan magnet yang digunakan sangat mempengaruhi besar kecilnya tegangan dan arus yang dihasilkan, disamping kecepatan angin. Penggunaan rectifier akan mempengaruhi output DC yang dihasilkan sampai 2 volt.

Ucapan Terima Kasih

Para peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada Dosen mata kuliah Fisika Lingkungan, Bpk. Cecep Rustana, yang tak pernah berhenti untuk memotivasi, dan kepada semua pihak yang telah membantu kami, dan kepada Pusat Penelitian Fisika LIPI yang telah membiayai pendaftaran dan perjalanan pada SNF 2015.

Daftar Acuan

Jurnal

- [1]. Nagare Pranit., Nair Arnav, and Shettigar Rammohan, 2015, *Vertical Axis Wind Turbine*, IEEE, India.
- [2]. Mohamed M.H, *Impacts of solidity and hybrid system in small wind turbines performance*, J. Energy, 495-504, 2013, Egypt.
- [3]. Zhao Jian, Wang Taiyong, and Yu Ming, 2009, *Research on Vibration Modes and Acoustic Radiation Modes for Civil Aero-engine Blade*, IEEE, China
- [4]. Kirke Brian and Lazauskas Leo, 2008, *Variable Pitch Darrieus Water Turbines*, University of South Australia, Australia
- [5]. Argaw, N., R. Foster, R. and A. Ellis, 2003, *Renewable Energy for Water Pumping Applications in Rural Villages*, NREL (National Renewable Energy Laboratory), Colorado
- [6]. Fisika LIPI, 2006. *Amerika Beralih ke Tenaga Angin*.
- [7]. Fisika LIPI, 2004. *1000 Kincir Angin Sepanjang Jalan Anye r- Panarukan*.
- [8]. T.A. Fauzi Soelaiman, Nathanael P. Tandian, dan Nanang Rosidin. 2006, *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside untuk Penerangan Jalan Tol, Bandung*.

