

## PENGEMBANGAN TURBIN ANGIN BUBUNGAN ATAP DENGAN VARIASI DESAIN BILAH SUDU DAN SUDUT KEMIRINGAN SUDU

Mujiburrahman<sup>1\*</sup>, Heri Irawan<sup>2</sup>, Muhammad Suprpto<sup>3</sup>

<sup>1\*,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin Uniska, Indonesia

Email: \*mujiburrahman.4646@gmail.com

### Abstrak

Turbin angin bubungan atap dirancang untuk memanfaatkan energi angin yang melintasi kemiringan atap bangunan untuk menghasilkan daya listrik yang kecil hingga sedang. Namun demikian, yang menjadi urgensi penelitian yaitu, turbin ini memiliki keterbatasan seperti, efisiensi dan keandalan kinerja masih kurang optimal, akibat desain yang kurang sesuai dengan karakteristik angin pada bubungan atap. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki efisiensi, keandalan, dan efektivitas desain turbin angin bubungan atap yang optimal di aplikasikan pada berbagai kondisi lingkungan, khususnya kecepatan angin bubungan atap yang tergolong rendah. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kinerja turbin angin bubungan atap dengan membuat eksprimen tiga jenis desain prototipe turbin yang di uji pada wind tunnel untuk melihat efektivitas keandalan kinerja turbin angin bubungan atap paling optimal. Hasil pengujian kinerja turbin pada kecepatan angin terendah 3,48 m/s, sudu lengkung U sudut kemiringan sudu 15<sup>0</sup> mampu menampilkan efektivitas kinerja lebih optimal dimana putaran turbin sebesar 76,33 rpm, daya generator 69,76 Watt, dan efesiensi sebesar 11,26 %. di bandingkan sudu lengkung segitiga sudut kemiringan sudu 15<sup>0</sup> yang hanya mampu menampilkan efektivitas kinerja putaran 71,16 rpm, daya generator 61,69 Watt, dan efesiensi 9,65 %. Sedangkan sudu lengkung L sudut kemiringan sudu 15<sup>0</sup> menampilkan efektivitas kinerja paling rendah di mana putaran yang di hasilkan sebesar 59,13 rpm, daya generator 60,54 Watt, dan efesiensi sebesar 9,77 %. tetapi lebih baik jika di bandingkan dengan sudut kemiringan sudu 0<sup>0</sup>, dan 30<sup>0</sup>. Hal ini di perkuat hasil pengujian pada kecepatan angin tertinggi 6,21 m/s, sudu lengkung U dengan sudut kemiringan sudu 15<sup>0</sup> memiliki efektivitas keandalan kinerja lebih optimal di bandingkan sudu lengkung segitiga dan lengkung L dengan nilai putaran sebesar 249,28 rpm, daya generator 157,56 Watt, dan efesiensi sebesar 4,47%. Jika di bandingkan dengan hasil pengujian sudut kemiringan sudu 0<sup>0</sup>, dan 30<sup>0</sup>.

**Kata Kunci:** Lengkung sudu, Sudut kemiringan sudu , Pengarah aliran, Kinerja turbin.

<b>How to cite:</b>	Mujiburrahman, Heri Irawan, Muhammad Suprpto (2022) Pengembangan Turbin Angin Bubungan Atap Dengan Variasi Desain Bilah Sudu dan Sudut Kemiringan Sudu, (7) 09. Doi: 10.36418/syntax-literate.v7i9.14302
<b>E-ISSN:</b>	2548-1398
<b>Published by:</b>	Ridwan Institute

### **Abstract**

*Rooftop wind turbines are designed to harness wind energy across the slope of a building's roof to produce small to moderate amounts of electrical power. However, what is urgent for research is that this turbine has limitations, such as efficiency and reliability, performance is still less than optimal, due to the design not being suitable for the characteristics of the wind on the roof ridge. So further research is needed to improve the efficiency, reliability and effectiveness of optimal roof ridge wind turbine designs applied to various environmental conditions, especially roof ridge wind speeds which are relatively low. This research aims to improve the performance of roof ridge wind turbines by experimenting with three types of turbine prototype designs which are tested in a wind tunnel to see the effectiveness of the optimal performance of roof ridge wind turbines. The results of turbine performance testing at the lowest wind speed of 3.48 m/s, U-curved blades with a blade tilt angle of  $15^{\circ}$  were able to display more optimal performance effectiveness where the turbine rotation was 76.33 rpm, generator power was 69.76 Watts, and efficiency was 11.26 %. Compared to a triangular curved blade with a blade inclination angle of  $15^{\circ}$  which is only able to display effective rotation performance of 71.16 rpm, generator power of 61.69 Watts, and efficiency of 9.65%. Meanwhile, the curved blade L with a blade inclination angle of  $15^{\circ}$  displays the lowest performance effectiveness where the rotation produced is 59.13 rpm, the generator power is 60.54 Watts, and the efficiency is 9.77%. but it is better when compared with blade inclination angles of  $0^{\circ}$ , and  $30^{\circ}$ . This is confirmed by the test results at the highest wind speed of 6.21 m/s, U-curved blades with a blade inclination angle of  $15^{\circ}$  have more optimal performance reliability effectiveness compared to curved blades. triangle and curved L with a rotation value of 249.28 rpm, generator power of 157.56 Watts, and efficiency of 4.47%. If compared with the test results for blade inclination angles  $0^{\circ}$  and  $30^{\circ}$ .*

**Keywords:** *Blade curvature, Blade inclination angle, Flow direction, Performance turbin.*

### **Pendahuluan**

Turbin angin bubungan atap merupakan jenis turbin angin yang dipasang di atas atap bangunan, terutama di bagian puncak atap atau bubungan atap. Turbin ini dirancang untuk memanfaatkan energi angin yang melintasi kemiringan atap bangunan untuk menghasilkan energi listrik alternatif yang dapat digunakan di dalam bangunan. Dengan penggunaan turbin angin bubungan atap, energi angin yang sebelumnya terbuang dapat dimanfaatkan dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi fosil. Desain turbin terdiri dari turbin sumbu horizontal dengan bilah-bilah sudu bentuk heliks yang terhubung ke generator untuk menghasilkan listrik. Menurut Paggi, desain turbin angin yang dipasang di atas bubungan atap sebuah bangunan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan turbin angin tradisional yang dipasang di menara. Pertama, menempatkan turbin pada bubungan atap memungkinkan turbin untuk memanfaatkan angin yang

mengalir di atas atap bangunan, yang umumnya lebih cepat dan lebih kontinue dari pada angin di permukaan tanah. Selain itu desain ini relatif sederhana dan dapat dipasang pada bangunan yang sudah ada tanpa perubahan besar (Raymond E. Paggi tahun, 2010).

Meskipun desain turbin angin bubungan atap memiliki keunggulan potensial, tetapi juga memiliki keterbatasan yang perlu dipertimbangkan. Misalnya, desain ini mungkin tidak cocok untuk bangunan dengan garis atap yang curam atau tidak teratur, Secara keseluruhan, desain turbin angin bubungan atap Paggi adalah konsep yang menarik yang bisa menjadi pilihan yang layak untuk beberapa bangunan, terutama yang memiliki area atap yang besar dan datar (Raymond E. Paggi tahun, 2010). Lalu di lanjutkan penelitian mengembangkan desain turbin angin bubungan atap yang menggunakan bentuk bilah yang berbeda dari desain Paggi. Desain turbin tersebut memiliki bilah-bilah segitiga dengan sudut kemiringan yang dapat diatur untuk memaksimalkan efisiensi. Penelitian ini menunjukkan bahwa desain baru ini dapat menghasilkan efisiensi lebih tinggi dari pada desain Paggi (L. K. Prajapati dan P. V. Patil 2017). Penelitian lanjutan pada tahun yang sama membandingkan performa turbin angin bubungan atap dengan turbin angin vertikal tradisional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin bubungan atap memiliki efisiensi yang lebih rendah dari pada turbin angin vertikal tradisional, namun desain turbin angin bubungan atap lebih murah dan lebih mudah dipasang (F. Casella et al. 2017). Lalu di lanjutkan penelitian turbin atap rumah dengan membuat pemodelan Computational Fluid Dynamic, membandingkan pengaruh jumlah sudu 3, 4, dan 5 menggunakan airfoil savonius tipe u, hasil penelitiannya menunjukkan turbin atap rumah sudu 5 memiliki pengaruh paling besar terhadap unjuk kerja yang di hasilkan (Mujiburrahman & Heri irawan, 2018). Lalu di lanjutkan dengan membuat eksperimen pengujian model uji turbin atap rumah menggunakan airfoil savonius tipe L sudu 3 dengan memvariasikan panjang turbin dan kecepatan angin yang di uji pada terowongan angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kecepatan angin maksimum 5 m/s, turbin atap rumah panjang 0,25 mampu menampilkan unjuk kerja lebih baik dibandingkan panjang turbin 0,15, dan 0,30 (Mujiburrahman & Heri irawan, 2019). Selanjutnya pada tahun yang sama penelitian mengembangkan desain turbin angin bubungan atap dengan sistem penyimpanan energi untuk mengatasi ketidakpastian energi yang dihasilkan oleh turbin. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem penyimpanan energi dapat membantu meningkatkan efisiensi dan keandalan turbin angin bubungan atap (M. Karami et al. 2019). Selanjutnya penelitian turbin atap rumah membuat eksprimen model uji pengaruh geometri bentuk sudu tipe L dan tipe U yang di uji pada wind tunnel pada kecepatan angin 3, 5, dan 7 m/s. Hasil penelitian menunjukkan tipe U mampu menampilkan unjuk kerja lebih baik di bandingkan tipe L. Pada pengujian berbagai kondisi kecepatan angin (Mujiburrahman & Heri irawan, 2020). Lalu di lanjutkan penelitian turbin bubungan atap yang membandingkan turbin tanpa pengarah dan menggunakan pengarah aliran menggunakan konsep savonius tipe L yang di uji pada wind tunnel pada kecepatan angin 2,17 m/s sd 5,11 m/s. untuk memperbaiki kinerja turbin pada kondisi kecepatan angin yang ber ubah-ubah. Hasil penelitiannya menunjukkan

dengan penambahan pengarah dapat meningkatkan kinerja turbin di bandingkan dengan tanpa pengarah, hal ini di buktikan dengan pengujian pada berbagai kondisi angin.

Namun, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk memperbaiki efisiensi, efektivitas keandalan kinerja desain turbin angin bubungan atap, serta untuk mempelajari pengaruh desain pada berbagai kondisi lingkungan dan aplikasi yang berbeda. Sedangkan turbin yang di aplikasikan pada kemiringan atap poros memanjang sangat jarang di aplikasikan di indonesia mengingat potensi angin kemiringan atap rumah yang tergolong kecepatan angin rendah dan cenderung ber ubah- ubah arah. Sehingga perlu dikembangkan turbin angin atap rumah yang mampu memaksimalkan angin rendah. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kinerja turbin angin bubungan atap dengan membuat eksperiment tiga jenis desain prototipe turbin dengan lengkung sudu yang di lengkapi dengan penutup sebagai pengarah aliran, yaitu desain lengkung sudu L, desain lengkung sudu U, dan desain lengkung sudu segitiga, dengan variasi sudut kemiringan sudu  $0^0$ ,  $15^0$ , dan  $30^0$  pada kecepatan angin yang sama 3 – 6 m/s yang di uji pada *wind tunnel* untuk melihat efektivitas keandalan kinerja turbin angin bubungan atap.

### Metode Penelitian

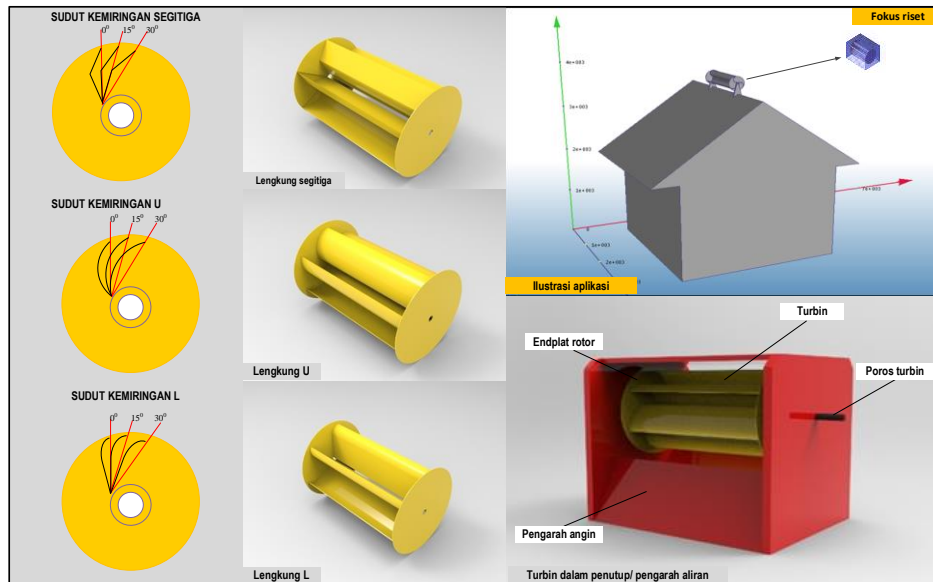
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, di mulai dari membaca literatur – literatur penelitian sebelumnya, lalu merumuskan dan menetapkan tujuan penelitian lanjutan, menyiapkan peralatan dan bahan, membuat tiga desain prototipe lengkung sudu, selanjutnya melakukan pengujian turbin di tempatkan di dalam sebuah penutup yang berfungsi sebagai pengarah aliran angin ke bilah sudu, Adapun variabel pengujian di fokuskan pada desain bilah sudu lengkung segitiga, sudu lengkung L, dan sudu lengkung U, dengan variasi sudut kemiringan sudu mulai  $0^0$ ,  $15^0$ , dan  $30^0$ , serta penambahan penutup sebagai pengarah aliran. prototipe turbin di uji secara bergantian pada wind tunnel, mulai dari kecepatan angin terendah 3 m/s sampai kecepatan angin tertinggi 6 m/s. Selanjutnya mengamati dan mengukur kinerja masing-masing turbin sesuai dengan parameter pengujian, kemudian melakukan evaluasi dan memberikan rekomendasi hasil pengujian turbin yang memiliki efektivitas keandalan kinerja.

**Tabel 1 Spesifikasi Turbin Bubungan Atap**

Spesifikasi Turbin	
Bahan	Tipe /Ukuran
Dimensi turbin	Uk : 600x400 mm
And flat rotor	Plywood uk: 400x5 mm
Dimensi bilah sudu	Mika uk: 150x600x2 mm
Poros bantalan turbin	Besi pejal uk: 30x700 mm
Bearing bantalan	Upc-206
Jenis bilah sudu	Tipe : Segitiga, L, dan U
Jumlah sudu	6 buah
Kemiringan sudu	Sudut : 0, 15, dan 30 derajat

# Pengembangan Turbin Angin Bubungan Atap Dengan Variasi Desain Bilah Sudu dan Sudut Kemiringan Sudu

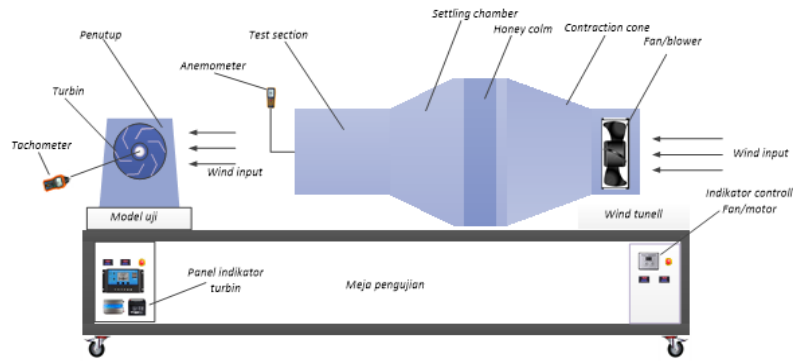
Penutup/pengarah turbin	Plywood uk: 420x450x650 mm
Kisi pengarah aliran	Plywood uk: 50x700x2 mm
Meterial turbin	Mika akrilik& plywood



Gambar 1. Desain Prototipe Turbin

## Prosedur Pengujian

1. Site up peralatan pengujian
2. Mengatur kecepatan angin menggunakan dimer speed control.
3. Mengukur keseragaman aliran angin pada test section area wind tunnel
4. Mengukur dan mengatur kecepatan angin menggunakan alat ukur anemometer digital.
5. Menyiapkan prototipe turbin angin bubungan atap sudu 6 dengan tiga desain lengkung sudu yang berbeda.
6. Pengujian turbin mulai dari lengkung sudu L, sudut kemiringan sudu mulai  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$  dan  $30^{\circ}$ , kecepatan angin 3,48 m/s sd 6,21 m/s.
7. Di lanjutkan pengujian lengkung sudu U, dan sudu lengkung segitiga dengan sudut kemiringan sudu, dan kecepatan angin yang sama.
8. Mencatat hasil pengujian seperti, data putaran turbin, arus, dan tegangan generator untuk melihat efektivitas keandalan kinerja turbin.



Gambar 2. Skema pengujian turbin

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Pengujian

Bagian hasil dan pembahasan memuat hasil pengujian pada wind tunnel tiga desain lengkung bilah sudu yang berbeda, mulai dari sudu lengkung L, lengkung U, dan lengkung segitiga. Dengan variasi sudut kemiringan sudu  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ , dan  $30^{\circ}$ . Tiap pengukuran data di lakukan 3 kali pengulangan untuk memvalidasi hasil pengukuran. Adapun data yang tersaji terdiri dari hasil pengukuran, dan perhitungan, sedangkan gambar grafik yang di tampilkan merupakan data hasil paling optimal, sebagai berikut.



Gambar 3. Pengujian Turbin

Tabel 2 Hasil Pengujian Turbin Lengkung Sudu L

Kecepatan angin $v$ (m/s)	Sudut Kemiringan sudu	Tipe lengkung Sudu U		
		$n$ (rpm)	Volt (V)	Ampere (A)
3,48	$0^{\circ}$	56,19	12,8	4,46
	$15^{\circ}$	59,13	12,8	4,73
	$30^{\circ}$	37,16	12,8	1,46
4,18	$0^{\circ}$	71,23	12,8	5,17
	$15^{\circ}$	78,41	12,8	6,11
	$30^{\circ}$	64,31	12,8	3,14
5,08	$0^{\circ}$	123,15	12,8	7,41
	$15^{\circ}$	126,28	12,8	8,57
	$30^{\circ}$	82,27	12,8	5,72
6,21	$0^{\circ}$	173,20	12,8	9,16
	$15^{\circ}$	207,26	12,8	9,44

30 <sup>0</sup>	86,62	12,8	6,81
-----------------	-------	------	------

**Tabel 3 Hasil Pengujian Turbin Lengkung Sudu U**

Kecepatan angin <i>v</i> (m/s)	Sudut Kemiringan sudu	Tipe lengkung Sudu U		
		<i>n</i> (rpm)	Volt (V)	Ampere (A)
3,48	0 <sup>0</sup>	66,2	12,8	4,81
	15 <sup>0</sup>	76,33	12,8	5,45
	30 <sup>0</sup>	42,61	12,8	2,61
4,18	0 <sup>0</sup>	83,11	12,8	5,63
	15 <sup>0</sup>	86,42	12,8	7,04
	30 <sup>0</sup>	67,22	12,8	4,28
5,08	0 <sup>0</sup>	144,49	12,8	8,35
	15 <sup>0</sup>	185,16	12,8	10,08
	30 <sup>0</sup>	87,16	12,8	6,19
6,21	0 <sup>0</sup>	192,15	12,8	9,48
	15 <sup>0</sup>	249,28	12,8	12,31
	30 <sup>0</sup>	98,51	12,8	7,53

**Tabel 4. Hasil Pengujian Turbin Lengkung Sudu Segitiga**

Kecepatan angin <i>v</i> (m/s)	Sudut Kemiringan sudu	Tipe lengkung Sudu Segitiga		
		<i>n</i> (rpm)	Volt (V)	Ampere (A)
3,48	0 <sup>0</sup>	68,11	12,8	4,53
	15 <sup>0</sup>	71,16	12,8	4,82
	30 <sup>0</sup>	37,52	12,8	1,48
4,18	0 <sup>0</sup>	76,51	12,8	5,2
	15 <sup>0</sup>	84,42	12,8	6,47
	30 <sup>0</sup>	63,28	12,8	3,11
5,08	0 <sup>0</sup>	128,13	12,8	7,63
	15 <sup>0</sup>	159,17	12,8	9,27
	30 <sup>0</sup>	84,12	12,8	6,07
6,21	0 <sup>0</sup>	185,34	12,8	9,18
	15 <sup>0</sup>	219,25	12,8	11,33
	30 <sup>0</sup>	88,19	12,8	6,93

**Perhitungan Daya Potensial P<sub>w</sub> (Watt)**

Menghitung daya potensi angin pada kecepatan angin 3,48 m/s

$$P_w = 1/2 \rho A v^3$$

$$P_w = 0,5 \cdot 1,225 \cdot 0,24 \cdot 3,48^3$$

$$P_w = 6,193 \text{ (Watt)}$$

**Perhitungan Tip Speed ratio ( $\lambda$ )**

Menghitung TSR lengkung sudu L pada kecepatan angin 3,48 m/s

$$\lambda = \pi Dn / 60v$$

$$\lambda = 3,14 \times 0,24 \times 56,19 / 60 \times 3,48$$

$$\lambda = 2,46$$

**Perhitungan Daya Generator P<sub>g</sub> (Watt)**

Menghitung daya generator lengkung sudu L pada kecepatan angin 3,48 m/s

$$P_g = V.A$$

$$P_g = 12,8 \times 4,46$$

$$P_g = 57,09 \text{ (Watt)}$$

**Perhitungan Efisiensi Turbin  $\eta$  (%)**

Menghitung efisiensi turbin lengkung sudu L pada kecepatan angin 3,48 m/s

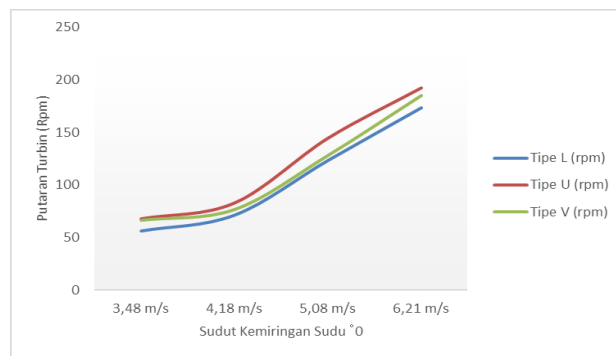
$$\eta = P_g / P_w \cdot 100\%$$

$$\eta = 57,09 / 6,195 \times 100\%$$

$$\eta = 9,21 \text{ (%)}$$

**Tabel 5 Hasil Pengujian Dan Perhitungan Turbin**

No	Kecepatan angin (m/s)	Kemiringan sudu °	Tipe sudu lengkung L			Tipe sudu lengkung U			Tipe sudu lengkung Segitiga		
			n (rpm)	P <sub>g</sub> (Watt)	$\eta$ (%)	n (rpm)	P <sub>g</sub> (Watt)	$\eta$ (%)	n (rpm)	P <sub>g</sub> (Watt)	$\eta$ (%)
1	3,48	0	56,19	57,09	9,21	66,20	61,57	1,08	68,11	57,98	9,36
		15	59,13	60,54	9,77	76,33	69,76	1,09	71,16	61,70	9,96
		30	37,16	18,69	3,02	42,61	33,41	1,28	37,52	18,94	3,06
2	4,18	0	71,23	66,18	6,16	83,11	72,06	1,15	76,51	66,56	6,20
		15	78,41	78,21	7,28	86,42	90,11	0,96	84,42	82,82	7,71
		30	64,31	40,19	3,74	67,22	54,78	1,23	63,28	39,81	3,71
3	5,08	0	123,15	94,85	4,92	144,49	106,88	1,35	128,13	97,66	5,07
		15	126,28	109,70	5,69	185,16	129,02	1,44	159,17	118,66	6,16
		30	82,27	73,22	3,80	87,16	79,23	1,10	84,12	77,70	4,03
4	6,21	0	173,20	117,25	3,33	192,15	121,34	1,58	185,34	117,50	3,34
		15	207,26	120,83	3,43	249,28	157,57	1,58	219,25	145,02	4,12
		30	86,62	87,17	2,48	98,51	96,38	1,02	88,19	88,70	2,52

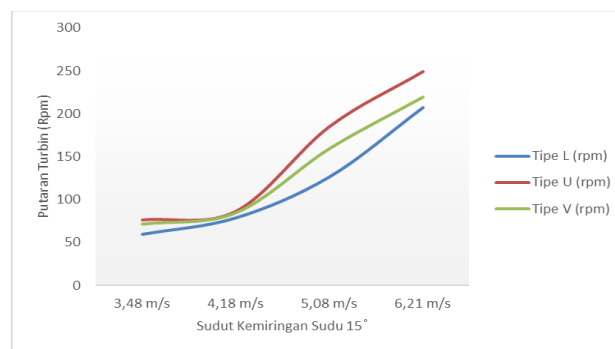


Gambar 4. Hubungan kecepatan angin terhadap putaran turbin



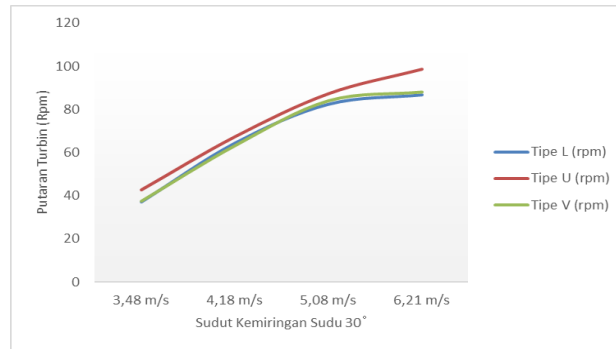
pada sudut kemiringan sudu  $0^0$

Pada gambar 4 hasil pengujian sudut  $0^0$  tipe turbin sudu lengkung U mampu menghasilkan output putaran sebesar 68,14 rpm, lengkung segitiga sebesar 66,2 rpm, dan lengkung L sebesar 56,19 rpm. Di uji pada kecepatan angin yang sama yaitu pada 3,48 m/s. Sedangkan pada kecepatan angin 4,18 m/s sudu lengkung u mampu tampil lebih baik di dibandingkan tipe lengkung segitiga dan tipe L, dengan nilai putaran sebesar 83,11 rpm, begitu pula pada pengujian kecepatan 5,08 m/s sudu lengkung u mampu menghasilkan kinerja putaran lebih baik sebesar 144,49 rpm. Dan pada kecepatan angin maksimum yaitu 6,21 m/s sudu lengkung U juga menunjukkan kinerja putaran lebih baik sebesar 192,15 rpm, jika di dibandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L.



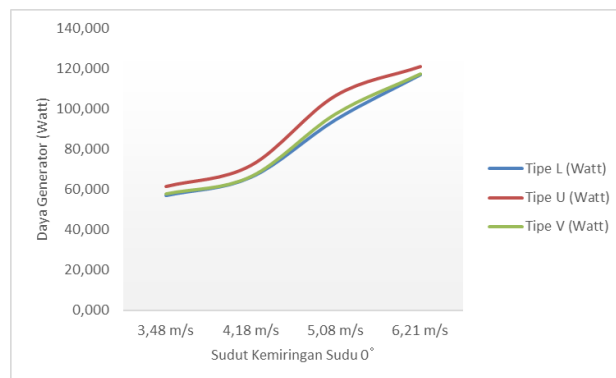
Gambar 5. Hubungan kecepatan angin terhadap putaran turbin pada sudut kemiringan sudu  $15^0$

Pada gambar 5 hasil pengujian sudut  $15^0$  tipe turbin sudu lengkung U mampu menghasilkan output putaran sebesar 76,33 rpm, lengkung segitiga sebesar 71,16 rpm, dan lengkung L sebesar 59,13 rpm. Saat di uji pada kecepatan angin yang sama yaitu pada 3,48 m/s. Sedangkan pada kecepatan angin 4,18 m/s sudu lengkung u mampu tampil lebih baik di dibandingkan tipe lengkung segitiga dan tipe L, dengan nilai putaran sebesar 86,42 rpm, begitu pula pada pengujian kecepatan 5,08 m/s sudu lengkung u mampu menghasilkan kinerja putaran lebih baik sebesar 185,16 rpm. Dan pada kecepatan angin maksimum yaitu 6,21 m/s sudu lengkung U juga menunjukkan kinerja putaran lebih baik sebesar 249,28 rpm, jika di dibandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L.



Gambar 6. Hubungan kecepatan angin terhadap putaran turbin pada sudut kemiringan sudu 30°

Pada gambar 6 hasil pengujian sudut 30° tipe turbin sudu lengkung U juga menunjukkan kinerja output putaran lebih baik tetapi lebih rendah dari pengujian sudut kemiringan sudu 15° dan 0° yaitu sebesar 42,61 rpm, lengkung segitiga sebesar 37,52 rpm, dan lengkung L sebesar 37,16 rpm. Saat di uji pada kecepatan angin yang sama yaitu pada 3,48 m/s. Sedangkan pada kecepatan angin 4,18 m/s sudu lengkung u juga mampu tampil lebih baik di dibandingkan tipe lengkung segitiga dan tipe L, dengan nilai putaran sebesar 67,22 rpm, begitu pula pada pengujian kecepatan 5 m/s sudu lengkung u mampu menghasilkan kinerja putaran lebih baik sebesar 78,16 rpm. Dan pada kecepatan angin maksimum yaitu 6,21 m/s sudu lengkung U juga menunjukkan kinerja putaran lebih baik sebesar 98,51 rpm, jika di dibandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L.

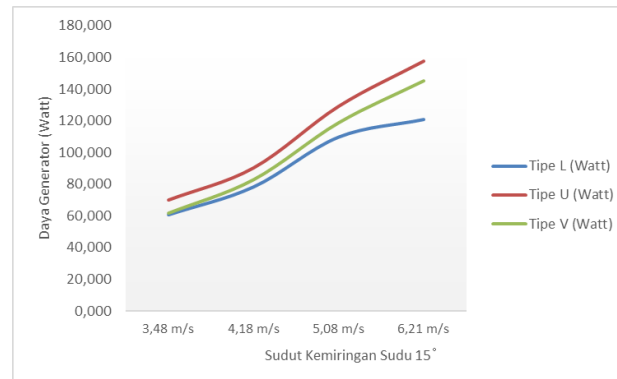


Gambar 7. Hubungan kecepatan angin terhadap daya generator pada sudut kemiringan sudu 0°

Pada gambar 7 hasil pengujian sudut 0° tipe turbin sudu lengkung U mampu menghasilkan daya generator sebesar 61,65 W, lengkung segitiga sebesar 57,98 W, dan lengkung L sebesar 57,08 W. Di uji pada kecepatan angin yang sama yaitu pada 3,48 m/s. Sedangkan pada kecepatan angin 4,18 m/s sudu lengkung u mampu tampil lebih baik di dibandingkan tipe lengkung segitiga dan tipe L, di mana daya generator yang di dihasilkan sebesar 72,06 W, begitu pula pada pengujian kecepatan 5,08 m/s sudu lengkung u mampu

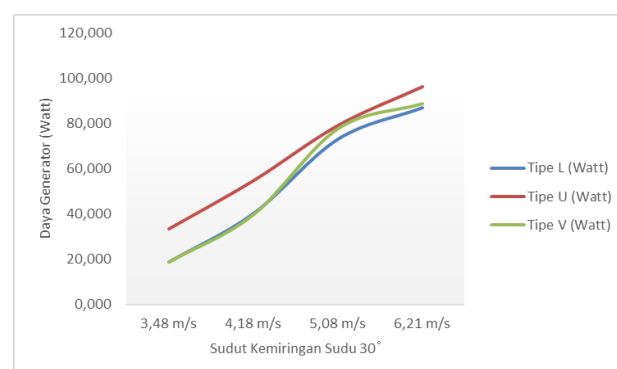
## Pengembangan Turbin Angin Bubungan Atap Dengan Variasi Desain Bilah Sudu dan Sudut Kemiringan Sudu

menghasilkan daya generator sebesar 106,88 W. Dan pada kecepatan angin maksimum yaitu 6,21 m/s sudu lengkung U juga menunjukkan daya generator lebih baik sebesar 121,34 W, jika di bandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L.



Gambar 8. Hubungan kecepatan angin terhadap daya generator pada sudut kemiringan sudu  $15^0$

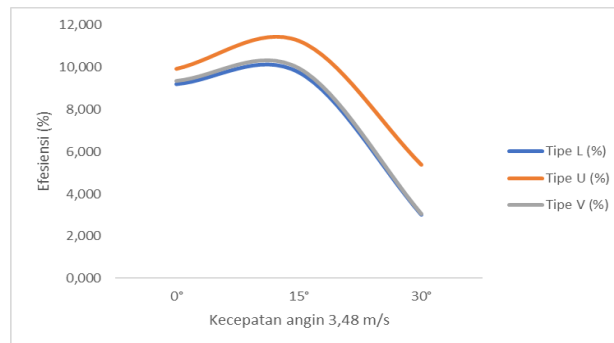
Sedangkan pada gambar 8 hasil pengujian turbin sudut kemiringan sudu  $15^0$ , saat di uji pada kecepatan angin yang sama yaitu pada 3,48 m/s. tipe turbin angin atap rumah menggunakan sudu lengkung U mampu menghasilkan daya generator sebesar 69,76 W, lengkung segitiga sebesar 61,69 W, dan lengkung L sebesar 60,54 W. Sedangkan pada kecepatan angin 4,18 m/s sudu lengkung u juga mampu tampil lebih baik di bandingkan tipe lengkung segitiga dan tipe L, dengan nilai daya generator sebesar 90,11 W, begitu pula pada pengujian kecepatan 5,08 m/s sudu lengkung u mampu menghasilkan kinerja putaran lebih baik sebesar 129,02 W. Dan pada kecepatan angin maksimum yaitu 6,21 m/s sudu lengkung U juga mampu menghasilkan daya generator sebesar 157,56 W, jika di bandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L.



Gambar 9. Hubungan kecepatan angin terhadap daya generator pada sudut kemiringan sudu  $30^0$

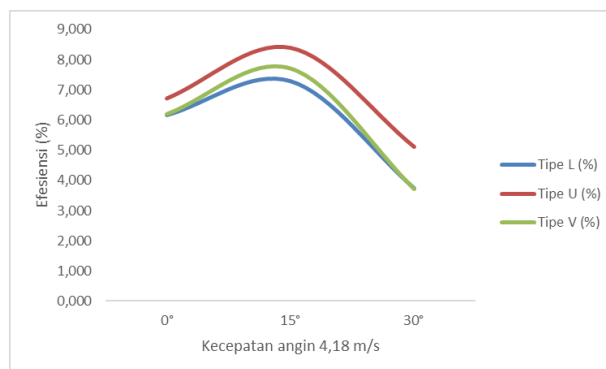
Sedangkan pada gambar 9 hasil pengujian turbin sudut kemiringan sudu  $30^0$ , saat di uji pada kecepatan angin yang sama yaitu pada 3,48 m/s. Turbin angin tipe atap rumah menggunakan sudu lengkung U mampu menghasilkan daya generator sebesar 33,04 W,

lengkung segitiga sebesar 18,94 W, dan lengkung L sebesar 18,68 W. Sedangkan pada kecepatan angin 4,18 m/s sudu lengkung U juga mampu tampil lebih baik di bandingkan tipe lengkung segitiga dan tipe L, dengan nilai daya generator sebesar 54,78 W, begitu pula pada pengujian kecepatan 5,08 m/s sudu lengkung U mampu menghasilkan kinerja putaran lebih baik sebesar 79,23 W. Dan pada kecepatan angin maksimum yaitu 6,21 m/s sudu lengkung U juga mampu menghasilkan daya generator sebesar 96,38 W, jika di bandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L.



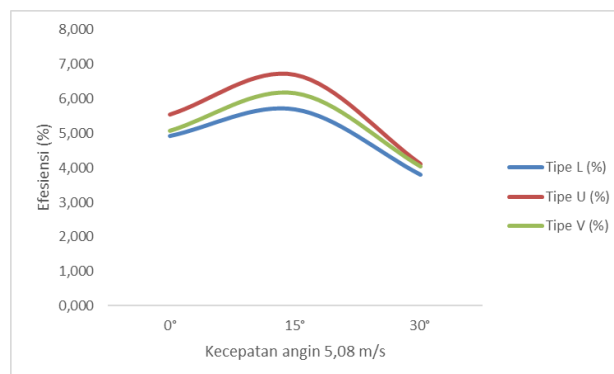
Gambar 10. Hubungan sudut kemiringan sudu terhadap efesiensi pada kecepatan angin 3,48 m/s

Pada gambar 10 perbandingan sudut kemiringan sudu terhadap efesiensi pada pengujian kecepatan angin 3,48 m/s, sudut kemiringan 00. Sudu lengkung U menunjukkan efesiensi lebih baik di bandingkan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L, yaitu sebesar 9,93%. Selanjutnya pada pengujian sudut kemiringan sudu 150 sudu lengkung U juga mampu menampilkan kinerja lebih baik sebesar 11 26%, sedangkan hasil pada pengujian sudut kemiringan sudu 300 kinerja yang di tunjukkan oleh sudu lengkung U juga lebih baik jika di bandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan lengkung L yaitu sebesar 5,39% meskipun lebih rendah dari pengujian sudut 150 dan 00. Ini menunjukkan kinerja turbin sangat di pengaruhi oleh sudut kemiringan sudu dan bentuk sudu yang mampu memberikan efek dorongan angin optimal. Semakin besar putaran turbin maka semakin besar daya yang di dihasilkan sehingga mampu meningkatkan nilai efesiensi yang di dihasilkan. Dalam hal ini sudu turbin lengkung U mampu tampil lebih baik di bandingkan sudu lengkung segitiga dan lengkung L.



Gambar 11. Hubungan sudut kemiringan sudu terhadap efesiensi pada kecepatan angin 4,18 m/s

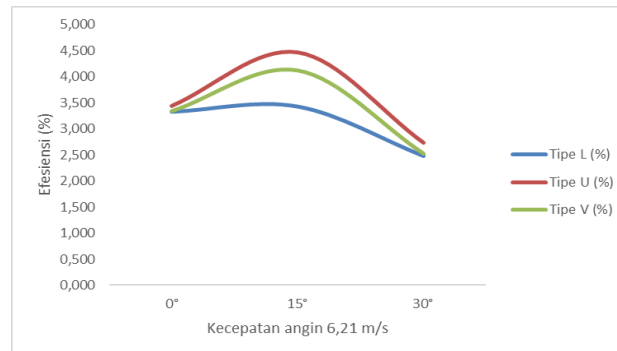
Pada gambar 11 perbandingan sudut kemiringan sudu terhadap efesiensi pada pengujian kecepatan angin 4,18 m/s, sudut kemiringan  $0^0$ . Sudu lengkung U menunjukkan efesiensi lebih baik di dibandingkan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L, yaitu sebesar 6,71%. Selanjutnya pada pengujian sudut kemiringan sudu  $15^0$  sudu lengkung U juga mampu menampilkan kinerja lebih baik sebesar 8,39%, sedangkan hasil pada pengujian sudut kemiringan sudu  $30^0$  kinerja yang di tunjukkan oleh sudu lengkung U juga lebih baik jika di dibandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan lengkung L yaitu sebesar 5,10% tetapi lebih rendah di dibandingkan sudut kemiringan sudu  $15^0$  dan  $0^0$ . Ini menunjukkan kinerja turbin sangat di pengaruhi oleh sudut kemiringan sudu dan bentuk sudu yang mampu memberikan efek dorongan angin optimal. Semakin besar putaran turbin maka semakin besar daya yang di dihasilkan sehingga mampu meningkatkan nilai efesiensi yang di dihasilkan. Dalam hal ini sudu turbin lengkung U mampu tampil lebih baik di dibandingkan sudu lengkung segitiga dan lengkung L.



Gambar 12. Hubungan sudut kemiringan sudu terhadap efesiensi pada kecepatan angin 5,08 m/s

Selanjutnya Pada gambar 12 perbandingan sudut kemiringan sudu terhadap efesiensi pada pengujian kecepatan angin 5,08 m/s, sudut kemiringan  $0^0$ . Sudu lengkung U menunjukkan efesiensi lebih baik di dibandingkan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L, yaitu sebesar 5,54%. Selanjutnya pada pengujian sudut kemiringan sudu  $15^0$  sudu lengkung U juga mampu menampilkan kinerja lebih baik sebesar 6,69%, sedangkan hasil pada pengujian sudut kemiringan sudu  $30^0$  kinerja yang di tunjukkan oleh sudu lengkung U juga lebih baik jika di dibandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan lengkung L yaitu sebesar 4,11% tetapi lebih rendah di dibandingkan sudut kemiringan sudu  $15^0$  dan  $0^0$ . Ini menunjukkan kinerja turbin sangat di pengaruhi oleh sudut kemiringan sudu dan bentuk sudu yang mampu memberikan efek dorongan angin optimal. Semakin besar putaran turbin maka semakin besar daya yang di dihasilkan sehingga mampu

meningkatkan nilai efisiensi yang di dihasilkan. Dalam hal ini sudu turbin lengkung U mampu tampil lebih baik di dibandingkan sudu lengkung segitiga dan lengkung L.



Gambar 13. Hubungan sudut kemiringan sudu terhadap efisiensi pada kecepatan angin 6,21 m/s

Sedangkan Pada gambar 13. Perbandingan sudut kemiringan sudu terhadap efisiensi pada pengujian kecepatan angin 6,12 m/s, sudut kemiringan 0°. Sudu lengkung U menunjukkan efisiensi lebih baik di dibandingkan sudu lengkung segitiga dan sudu lengkung L, yaitu sebesar 3,44%. Selanjutnya pada pengujian sudut kemiringan sudu 15° sudu lengkung U juga mampu menampilkan kinerja lebih baik sebesar 4,47%, sedangkan hasil pada pengujian sudut kemiringan sudu 30° kinerja yang di tunjukkan oleh sudu lengkung U juga lebih baik jika di dibandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan lengkung L yaitu sebesar 2,73% tetapi lebih rendah di dibandingkan sudut kemiringan sudu 15° dan 0°. Ini menunjukkan kinerja turbin sangat di pengaruhi oleh sudut kemiringan sudu dan bentuk sudu yang mampu memberikan efek dorongan angin optimal. Semakin besar putaran turbin maka semakin besar daya yang di dihasilkan sehingga mampu meningkatkan nilai efisiensi yang di dihasilkan. Dalam hal ini sudu turbin lengkung U mampu tampil lebih baik di dibandingkan sudu lengkung segitiga dan lengkung L.

### Kesimpulan

Hasil pengujian kinerja turbin pada kecepatan angin terendah, yaitu 3,48 m/s, menunjukkan bahwa sudu lengkung U dengan sudut kemiringan sudu 150 mampu memberikan efektivitas kinerja lebih optimal. Turbin ini mencapai putaran sebesar 76,33 rpm, daya generator 69,76 Watt, dan efisiensi sebesar 11,26%. Dibandingkan dengan sudu lengkung segitiga dan lengkung L, yang memiliki efektivitas kinerja lebih rendah. Pada kecepatan angin tertinggi, 6,21 m/s, turbin dengan sudu lengkung U tetap menunjukkan kinerja yang optimal dengan putaran 249,28 rpm, daya generator 157,56 Watt, dan efisiensi 4,47%. Rata-rata, turbin bubungan atap dengan sudut kemiringan 150 menunjukkan kinerja lebih baik, memaksimalkan aliran angin melalui sudu yang difokuskan dengan pengarah aliran dan bentuk lengkung sudu yang efisien secara aerodinamis. Sebagai saran, penulis merekomendasikan tindakan praktis, pengembangan teori, dan penelitian lanjutan dengan fokus pada pengembangan dan pengujian prototipe turbin bubungan atap secara langsung di lapangan. Konsep baru dapat difokuskan pada

peningkatan efisiensi aerodinamis, dengan penekanan pada sistem penyimpanan energi untuk mendukung pengembangan lebih lanjut.

## BIBLIOGRAFI

- Mujiburrahman & Heri irawan, (2022). Kajian Eksperimental Pengaruh Penambahan Pengarah Aliran Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Bubungan Atap 7 (1), 34-40.
- Ahmad Aidil Aizat Bin Baharuddin, (2020). Kajian Performance Optimization of A Roof Top Transverse Axis Wind Turbine, 1-47.
- Mujiburrahman & Heri irawan, (2020). Kajian Eksperimental Pengaruh Geometri Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Atap Rumah Berbasis Kecepatan Angin Rendah 2 (2), 48-57.
- Mujiburrahman & Heri irawan, (2019). Analisis Pengaruh Panjang Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Atap Rumah Pada Kecepatan Angin Rendah 4 (1), 29-34.
- Karami, M., et al. (2019). Development of a rooftop wind turbine design with energy storage system to cope with the uncertainty of wind energy. *Journal of Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 33, 107-117.
- Mujiburrahman & Heri irawan, (2018). Analisis Pengaruh Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Atap Rumah Pada Kecepatan Angin Rendah Menggunakan Simulasi Cfd 3 (1), 60-65.
- Prajapati, L.K., & Patil, P.V. (2017). Development of a rooftop wind turbine design using different blade shapes from Paggi's design. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 162, 53-63.
- Jiang, S., & Chen, Z. (2017). Numerical analysis of a roof-mounted horizontal-axis wind turbine system. *Energies*, 10(10), 1621.
- Casella, F., et al. (2017). Performance comparison of rooftop wind turbines and traditional vertical axis wind turbines. *Journal of Energy Conversion and Management*, 148, 158-168.
- Paggi, R.E. (2010). Roof Ridge Wind Turbine. United States Patent Application Publication, US 2010/0013958 A1.
- Rafflella Anak Deraman. (2013). A Study on Blade Performance of Transverse Axis Wind Turbine Mounted on a Rooftop

---

**Copyright holder:**

Mujiburrahman, Heri Irawan, Muhammad Suprpto (2022)

**First publication right:**  
Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

