MACHINERY JURNAL TEKNOLOGI TERAPAN
VOL.4 NO.3, OKTOBER 2023

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

PERANCANGAN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK (SKALA LABORATORIUM)

Risco Meidian Pratama[1)], Fatahul Arifin[2)*], Ella Sundari[2)], Toni Okviyanto[2)], Yahya[2)], Eka Satria Martomi[2)], Firdaus[2)]

[1] Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar – Palembang 30139

[2]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar – Palembang 30139

*email korespondensi : farifinus@polsri.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Received:
28/07/2023

Accepted:
19/10/2023

Online-Published:
13/11/2023

© 2023 The Authors. Published by Machinery: Jurnal Teknologi Terapan (Indexed in SINTA)

doi:
doi.org/10.5281/zenodo.10122311

ABSTRAK

Angin adalah merupakan salah satu energi terbaru yang semakin popular pada masa sekarang. Pemanfaatan energi angin dapat dikonversikan menjadi energi listrik seperti turbin angin. Namun turbin angin ada dua yaitu horizontal dan vertikal. Turbin angin horizontal biasanya dipakai untuk 1 arah sedangkan turbin angin vertikal untuk segala arah. Bentuk sudu dan jumlah sudu turbin angin sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. maka penelitian kali ini untuk mengetahui pengaruh dari bentuk sudu yang sudah divariasikan dan jumlah sudu dengan kecepatan angin 2,5 m/s, 3 m/s, 3,5 m/s dan 4 m/s terhadap daya generator yang dihasilkan sehingga hasil efisiensi yang sudah didapat bisa dilakukan perancangan turbin angin dengan bentuk sudu yang sudah divariasikan. Pengujian dilakukan secara laboratorium yang dirancang sendiri dengan sumber angin menggunakan kipas dan ac Dimmer. Hasil pengujian yang telah dilakukan daya generator yang paling tinggi diketahui pada sudu berjumlah 4 dengan kecepatan angin 4 m/s dengan nilai daya 0,34 watt sedangkan daya generator yang paling kecil diketahui pada sudu berjumlah 2 dengan kecepatan angin 2,5 m/s dengan nilai daya 0,04 Watt. Sehingga hasil penelitian dari seluruh pengujian nilai efisiensi yang paling tinggi didapat pada sudu berjumlah 4 dengan kecepatan angin 2,5 m/s dengan nilai 24,4 % dan efisiensi yang paling rendah didapat pada sudu berjumlah 2 dengan kecepatan angin 3 m/s 6,4 %.

***Kata Kunci** :* Daya, Efisiensi, Kecepatan Angin

ABSTRACT

Wind is one of the newest energy sources that is becoming increasingly popular nowadays. The use of wind energy can be converted into electrical energy for wind turbine cells. However, there are two types of wind turbines, namely horizontal and vertical. Holistic wind turbines are usually used in one direction while vertical wind turbines are used in all directions. The shape of the blades and the number of wind turbine blades greatly influence the power produced. So the research this time is to find out the influence of the blade shape that has been varied and the number of blades with wind speeds of 2.5 m/s, 3 m/s, 3.5 m/s and 4 m/s on the resulting generator power so that the efficiency results What has been obtained can be designed to design wind turbines with varied blade shapes. Testing was carried out in a laboratory designed independently with a wind source using a fan and Dimmelr air conditioner. The results of tests that have been carried out have the highest gelnelratolr power known at 4 blades with a wind speed of 4 m/s with a power value of 0.34 watts while the smallest gelnelratolr power is known at 2 blades with a wind speed of 2.5 m/s with rated power 0.04 Watt. So that the research results from all the tests, the highest efficiency value was obtained at 4 blades with a wind speed of 2.5 m/s with a value of 24.4% and the lowest efficiency value was obtained at 2 blades with a wind speed of 3 m/s 6, 4 %.

***Keywords** : Power, Efficiency, wind speed*

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

1. PENDAHULUAN

Menurut (Aklis et al., 2016) (Nasution & Dzaky, 2023) potensi energi angin yang ada di Indonesia yaitu berkisar 2 m/s hingga 6 m/s, oleh karena itu diperlukan maka Karena itu diperlukan sebuah alat turbin angin yang bisa dimanfaatkan untuk mengubah energi angin menjadi energi angin. Menurut ((Dharma & Masherni, 2017) bahwa kontruksi turbin angin dengan sumbu vertikal memiliki kelebihan dibandingkan dengan sumbu horizontal tetapin turbin angin vertikl memiliki efisieni yang kurang jika dibandingkn dengan turbin angin horizontal, maka penilitian untuk mencari efisiensi turbin angin sumbu vertikal terus dilakukan. Menurut peneliti (Suanggana, 2021) (Hariska & Usman, 2021)(Fachrudin, 2018) bahwa jumlah sudu sangat berpengaruh terhadap kinerja pada turbin angin, sehingga semakin banyak jumlah sudu maka semakin tinggi juga kinerja turbin angin vertikal dan perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut tentang turbin angin, salah satunya pada ukuran turbin angin agar mendapatkan daya listrik yang lebih besar agar bisa digunakan pada daerah-daerah yang belum dialiri / minim dengan listrik. menurut (Kusumanto et al., 2022) bahwa kombinasi savonius 3 bilah dengan 3 bilah dariues mampu menyerap energi angin yang besar pada area *exhaust fan*.

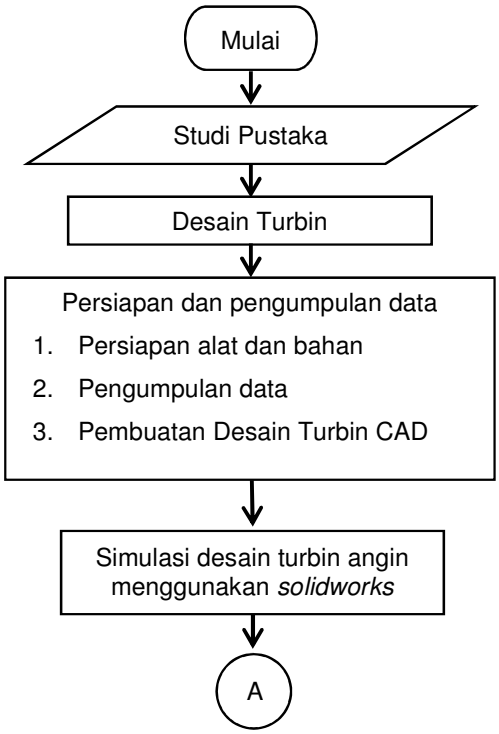
Menurut (Herraprastanti et al., 2020) bahwa panjang chord sudu berpengaruh terhadap daya angin, daya generator dan koefisien daya yang dihasilkan besar. Panjang *chord* sudu berpengaruh terhadap torsi semakin panjang *chord* sudu maka semakin kecil torsi yang dihasilkan. Dan panjang *chord* sudu berpengaruh terhadpa *TSR (Tip Speed Ratio)* semakin panjang *chord* sudu maka *TSR* yang dihasilkan semakin besar. Menurut peneliti (Maulana, Ade Putra; Putri, Fenoria; Arifin, 2022) (Arifin et al., 2020) (Homzah et al., 2023)

Bahwa analisis simulasi kekuatan beban pada alat sangat penting untuk mengetahui *Stress*, *Displacement,* dan *safety factors* pada alat agar tidak terjadi patahan atau bengkok pada saat alat dikasih beban. Menurut peneliti (Maulana et al., 2023)(Susandi et al., 2021)(Garmana et al., 2021) bahwa melakukan analisis simulasi *CFD (Computational Fluid Dynamics)* sangat penting yang bertujuan untuk mengetahui nilai aerodinamika dan pengaruh dari jumlah dan sudu blade pada distribusi tekanan dan kecepatan angin menggunakan metode simulasi *fluida dynamics (CFD)* melalui bantuan perangkat lunak. Maka pada kali ini akan melakukan penelitian pengaruh bentuk sudu yang sudah divariasikan dan jumlah sudu terhadap efisiensi yang dihasilkan dengan kecepatan angin 2,5 m/s, 3 m/s, 3,5 m/s dan 4 m/s menggunakan alat pengujian turbin angin yang dirancang sehingga hasil yang akan didapat bisa digunakan untuk perancangan turbin angin dengan bentuk sudu yang sudah divariasikan.

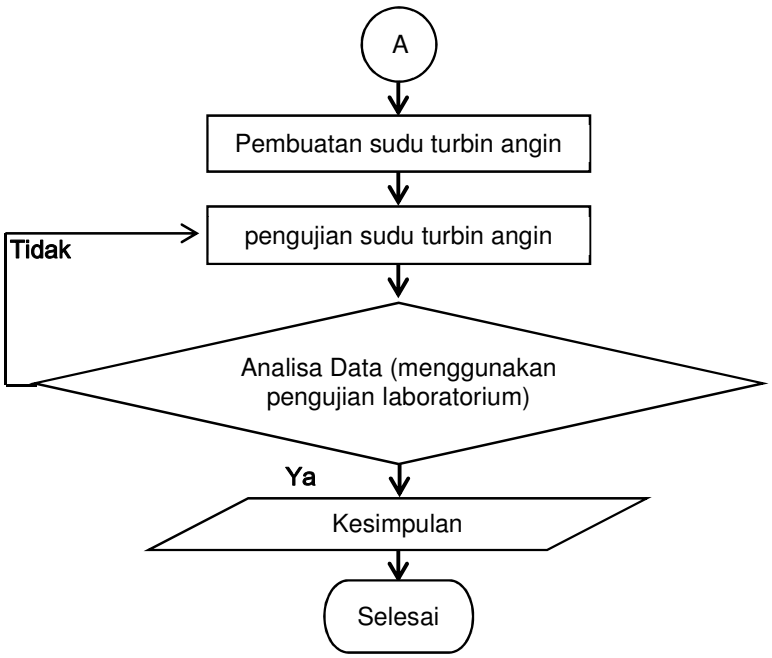
2. BAHAN DAN METODA

2.1 Alur penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan pada diagram alir pada Gambar 1.



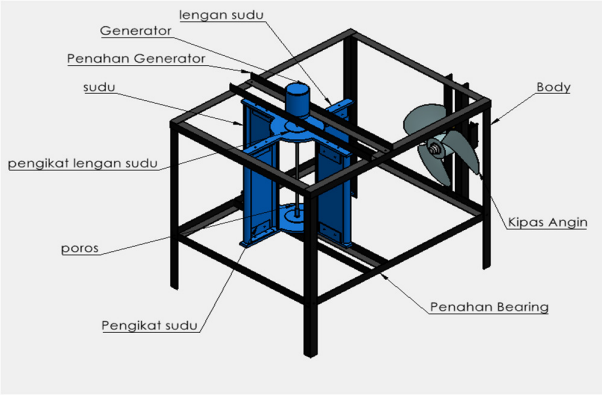
ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)



Gambar 1. Diagram Alir

2.2 Desain Turbin Angin

Dalam melakukan pengujian turbin angin diperlukan sumber angin sebagai penggerak turbin. maka agar memperlancar pengujian dilakukan perancangan dengan skala laboratorium. Berikut desain alat laboratorium turbin angin yang dirancang sendiri pada gambar 2.



Gambar 2. Desain alat Turbin angin

2.3 Rumus Perhitungan

Dalam mencari nilai efisiensi pada turbin angin diperlukan beberapa rumus, berikut rumus yang diperlukan :

2.3.1 Daya Generator

Dalam pengukuran daya generator maka memerlukan besarnya nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator. Daya generator bisa dihitung dengan rumus 1.

$$Pg = V \times I \quad (1)$$

dimana ,
Pg = Daya Generator (W)
V = Tegangan (*Volt)*
I = Kuat Arus (*Ampere*)

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

2.3.2 Daya Angin

Dalam pengukuran daya angin yang akan menggerakan turbin maka diperlukan sebuah luas penampang pada turbin. Daya angin dapat dihitung menggunakan rumus 2.

$$Pa = {}^{1}/_{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (2)$$

dimana,
Pa = Daya Angin (W)
ρ = Densitas udara (1,22 kg/m^3)
A = Luas Penampang Turbin (m^2)
V = Kecepatan angin (m/s)

2.3.3 Efisiensi Sistem

Setalah mendapatkan daya generator dan daya angin maka dapat dihitung jumlah nilai efisiensi sistem. Efisiensi sistem bisa dihitung menggunakan rumus 3 (Dharma & Masherni, 2017)

$$\eta = \frac{P_g}{P_A} . 100\% \quad (3)$$

dimana,
η = Efisiensi Sistem (%)
P_g = Daya Generator (Watt)
P_A = Daya Angin (Watt)

2.4 Alat, Bahan dan Alat Ukur

Berikut adalah alat, bahan dan alat ukur yang diperlukan dalam melakukan rancang bangun alat turbin angin dan melakukan pengujian.

2.4.1 Alat yang digunakan :

1. Kipas Angin (Digunakan sebagai media sumber angin yang akan diberikan untuk memutarkan turbin angin).
2. Generator (Generator yang digunakan generator dc 24 volt yang berfungsi sebagai sumber energi listrik yang dihasilkan dari putaran turbin angin).
3. Gunting Seng (Digunakan untuk memotong seng).
4. Obeng (obeng yang digunakan yaitu berbentuk plus (+) yang berfungsi untuk membuka dan mengencangkan baut untuk dibagian sudu).
5. Kunci Pas *Ring* (digunakan untuk membuka dan mengencangkan baut dibagian bodi pada alat pengujian turbin angin).
6. *Ac Dimmer* (digunakan untuk mengatur kecepatan kipas angin, sehingga dapat menghasilkan kecepatan angin yang diinginkan.
7. Mesin bor mini (digunakan untuk melubangi pvc dan seng).
8. Kuas (digunakan untuk mengecat alat pengujian turbin angin).
9. Mesin Gerinda (digunakan untuk memotong besi dan lain-lain).
10. Mesin gerinda bor (Mesin bor digunakan untuk melubangi besi).

2.4.2 Bahan yang digunakan :

1. *PVC Foam Board* (digunakan untuk lengan sudu dan sebagai dudukan untuk sudu turbin angin).
2. Seng (digunakan untuk bahan sudu pada turbin angin).
3. Besi Siku *EELIC* (yang digunakan yaitu besi siku dengan ukuran 3 ×3 cm untuk pondasi / bodi pada alat pengujian turbin angin)
4. Besi pipa *Stainless Stell* (digunakan untuk untuk menghubungkan putaran sudu dengan poros generator, pipa yang digunakan dengan ukuran diameter dalam 10 mm).
5. Baut kepala obeng (+), ring dan mur (digunakan untuk pengikat bagian sudu).
6. Baut kepala persefi enam, ring dan mur (digunakan untuk pengikat bodi alat pengujian turbin angin).
7. *Filament 3D Printing* bahan PLA (digunakan untuk pengikat antara poros dan lengan sudu).
8. Klem selang (digunakan untuk pengikat poros sudu dengan poros generator agar tidak longgar/lepas).
9. Cat minyak (digunakan untuk pewarna alat pengujian turbin angin).

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

10. *Bearing* (digunakan untuk memperlancar putaran sudu).
11. Kabel (digunakan untuk penghantar listrik).

2.4.3 Alat Ukur yang digunakan:

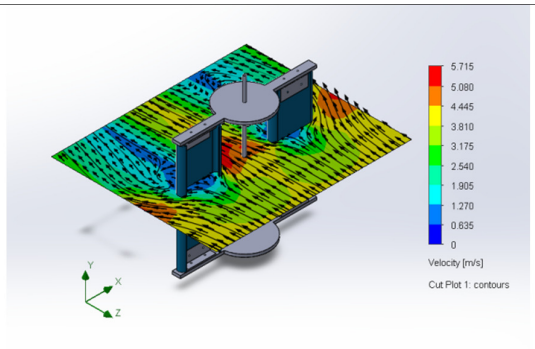
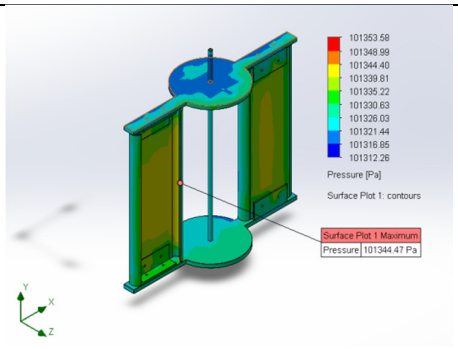
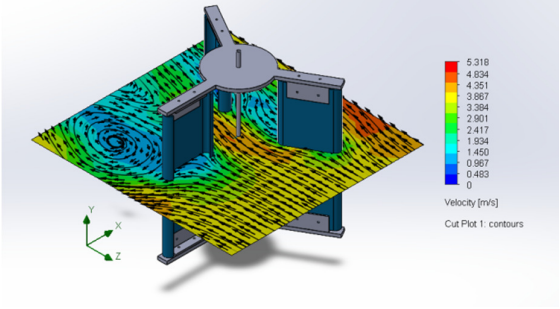
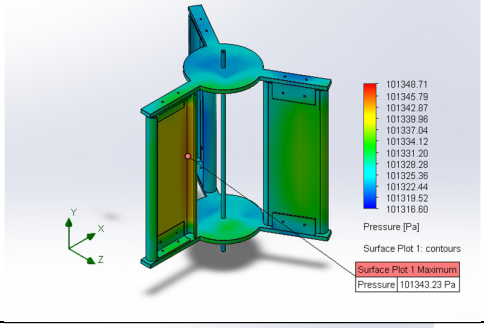
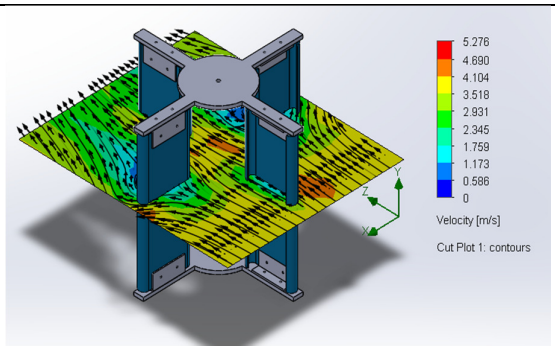
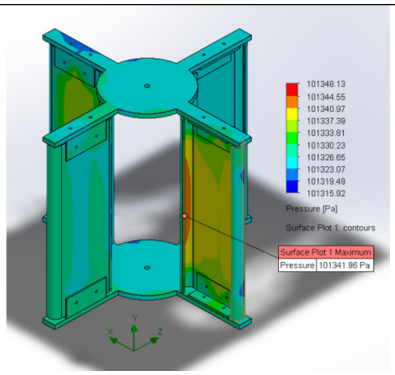
1. *Multimeter* digital (digunakan untuk mengukur tegangan (V) dan Ampere (A) yang dihasilkan pada generator).
2. *Anemometer* (digunakan untuk mengukur kecepatan angin).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Simulasi *CFD (Computational Fluid Dynamics)*

Simulasi CFD menggunakan *Software Solidworks* jika diberikan kecepatan angin sebesar 4 m/s dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Simulasi CFD

Velocity	*Pressure*
	
	
	

Hasil simulasi *velocity* 2 sudu dengan kecepatan angin 4 m/s saat menyentuh sudu terdapat pada warna hijau mengalami penurunan kecepatan angin sehingga kecepatan angin yang dihasilkan berkurang menjadi 3,576 m/s. dan nilai *pressure* terdapat warna dibagian sudu disebabkan karena ada tekanan angin sehingga mencapai 101344,47 Pa. *Velocity* pada simulasi 3 sudu dengan kecepatan angin 4 m/s saat menyetuh sudu terdapat berwarna hijau dengan nilai 3,522 m/s sehingga kecepatan angin yang dihasilkan

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

berkurang. Dan nilai *pressure* yang dihasilkan sebesar 101343,23 Pa yang disebabkan oleh tekanan angin didalam sudu. *Velocity* yang didapat pada simulasi 4 sudu dengan kecepatan angin 4 m/s saat menyentuh sudu terdapat pada warna hijau dengan nilai 3,157 m/s sehingga kecepatan angin yang dihasilkan berkurang. Dan nilai *pressure* yang dihasilkan sebesar 101341,96 Pa yang disebabkan oleh tekanan angin didalam sudu. Hasil dari simulasi cfd yang telah dilakukan akan berpengaruh terhadap kinerja turbin angin saat dilakukannya pengujian laboratorium.

3.2 Data Hasil Pengujian Pengaruh Jumlah Sudu

Hasil pengujian pengaruh jumlah sudu terhadap voltage dan ampere yang dihasilkan dalam pengujian skala laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4:

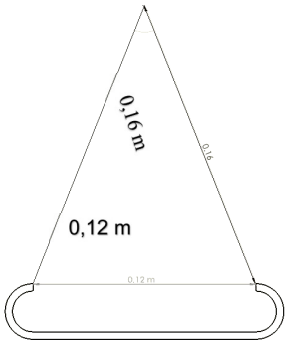
Tabel 4. Pengaruh jumlah sudu terhadap Daya yang dihasilkan

Variasi kecepatan angin (m/s)	DAYA (Watt)		
	2 SUDU	3 SUDU	4 SUDU
2,5	0,04	0,08	0,11
3,0	0,05	0,12	0,18
3,5	0,09	0,18	0,27
4,0	0,13	0,29	0,34

Dalam mengukur *ampere* dengan bantuan alat ukur multimeter dengan tambahan pembebanan saat pengukuran, beban yang dipakai yaitu dinamo motor mini 12 volt dengan nilai tahanan 8,9 ohm yang dirangkai secara seri. Pada kondisi ini, kecepatan putaran yang dihasilkan oleh turbin angin mengalami penurunan atau putaran nya yang melambat. Hal ini dikarenakan generator mengalami pembebanan, karena generator harus memberikan energi yang banyak.

3.3 Data hasil perhitungan efisiensi

Untuk mencari nilai efisiensi, dibutuhkan besaran daya angin dan daya generator, maka perlu suatu luas penampang Untuk mencari nilai efisiensi , dibutuhkan besaran daya angin dan daya generator , maka untuk mencari daya angin diperlukan suatu luas penampang dari *blade* / sudu turbin angin.



Gambar 3. Bentuk Lengkung Sudu

Mencari besar sudut (2α) = sin α = $\frac{sisi\ depan}{sisi\ miring}$ (4)

Sin α $= \frac{0{,}06\ m}{0{,}16\ m} =$

α $= sin^{-1}(0{,}375)$

α = 22, 02º

Besar sudut (2α) = 2 × 22, 02º =44,04º

Mencari lebar sudu dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Lebar sudu = $\frac{44{,}04^{\circ}}{360^{\circ}} \times 2 \times 3{,}14 \times 0{,}16 = 0{,}122$ m . (5)

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

Setelah mendapatkan lebar sudut, selanjutnya menentukan luas penampang. Berikut ini adalah rumus luas penampang untuk 1 sudu / blade turbin angin :

Luas penampang = lebar sudu × tinggi (6)
= 0,122 m × 0,395 m = 0,048 m^2.

Setelah mendapatkan nilai luas penampang, maka rumus daya angin bisa digunakan. Berikut ini adalah rumus daya angin:

$$PA = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \quad (7)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1{,}2\ {}^{kg}/_{m^3} \times (0{,}048\ m^2) \times (2{,}5\ {}^{m}/_{s})^3 = 0{,}450 \text{ watt.}$$

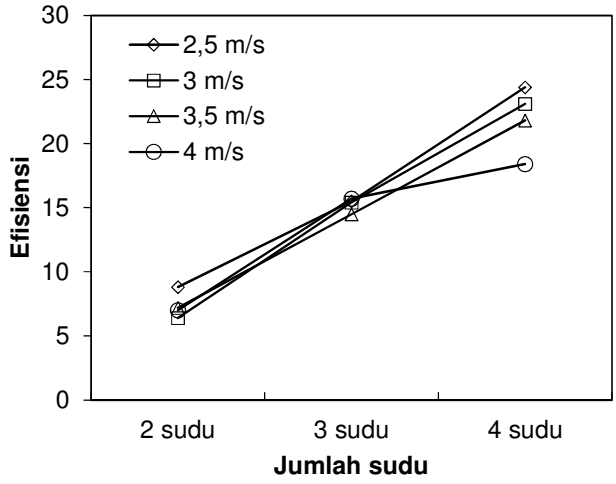
Setelah mendapatkan daya, maka untuk selanjutnya data efisiensi pada turbin angin bisa dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Dharma & Masherni, 2017) :

$$\eta = \frac{P_g}{P_A} . 100\% \quad (8)$$

$$= \frac{0{,}04}{0{,}450} . 100\% = 8{,}88\ \% = 9\ \%$$

Tabel 5. Data hasil efisiensi turbin angin

Jumlah sudu	Kecepatan angin (m/s)	Daya angin (Watt)	Daya generator (Watt)	Effesiensi (%)
2	2,5	0,450	0,04	8,8
3			0,07	17,7
4			0,11	24,4
2	3	0,777	0,05	6,4
3			0,12	15,4
4			0,18	23,1
2	3,5	1,234	0,09	7,2
3			0,18	14,5
4			0,27	21,8
2	4	1,843	0,13	7,0
3			0,29	15,7
4			0,34	18,4



Gambar 4. Grafik Efisiensi yang dihasilkan turbin angin

Dari tabel dan grafik diatas diketahui bahwa nilai efisiensi yang tertinggi terdapat pada turbin angin yang memiliki 4 sudu pada kecepatan 2,5 m/s dimana pada sudu tersebut memiliki nilai efisiensi sebesar 24,4 %. Sedangkan nilai efisiensi terendah terdapat pada turbin angin yang memiliki sudu 3 sudu dengan kecepatan angin 2,5 m/s, dimana pada sudu tersebut memiliki nilai efisiensi sebesar 6,4 %.

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

4. KESIMPULAN

Daya generator yang paling besar pada pengujian didapat pada 4 sudu dengan kecepatan angin 4 m/s sebesar 0,34 watt dan yang paling kecil didapat pada 2 sudu dengan kecepatan angin 2,5 m/s dengan nilai 0,04 watt. Pada hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa efisiensi yang paling tinggi didapatkan pada sudu berjumlah 4 pada kecepatan angin 2,5 m/s dengan nilai 24,4 %, sedangkan untuk efisiensi yang paling rendah didapatkan pada sudu berjumlah 2 pada kecepatan angin 3 m/s dengan nilai 6,4 %. Pada hasil CFD *Velocity* yang paling didapat pada sudu berjumlah 2 dengan kecepatan angin 4 m/s dengan nilai 3,576 m/s dan hasil simulasi *pressure* yang paling besar didapat pada 2 sudu dengan kecepatan angin 4 m/s dengan nilai 101344,47 Pa. dari hasil semua pengujian dapat disumpulkan bahwa bentuk sudu dan jumlah sudu berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Aklis, N., Syafi'i, H., Prastiko, Y. C., & Sukmana, B. M. (2016). Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Pitch Terhadap Performa Turbin Angin Darrieus-H Sumbu Vertikal Naca 0012. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, *17*(2), 6–12. https://doi.org/10.23917/mesin.v17i2.2878

Arifin, F., Arnoldi, D., Sundari, E., Putri, F., Agasa, F., Ramadhan, Y., Susetyo, G., & Herlambang, Y. D. (2020). Studi analisis simulasi kekuatan beban pada alat bantu pembuatan lubang dengan sudut kemiringan 45 derajat. *Jurnal Polimesin*, *18*(2), 116–123.

Dharma, U. S., & Masherni, M. (2017). Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, *5*(2), 138–148. https://doi.org/10.24127/trb.v5i2.246

Fachrudin, A. R. (2018). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Naca 3412 Dengan Sudut Pitch 00. *Info-Teknik*, *19*(2), 195. https://doi.org/10.20527/jit.v19i2.153

Garmana, A., Arifin, F., & Rusdianasari. (2021). CFD Analysis for Combination Savonius and Darrieus Turbine with Differences in the Number of Savonius Turbine Blades. *AIMS 2021 - International Conference on Artificial Intelligence and Mechatronics Systems*, 1–5. https://doi.org/10.1109/AIMS52415.2021.9466009

Hariska, M. D., & Usman, M. (2021). Perencanaan Lampu Penerangan Jalan Menggunakan Turbin Angin Sumbu Vertikal Savonius. *NiCMa: National Conference Multidisplinary*, *1*(1), 198–207.

Herraprastanti, E. H., Mubarok, M. ., Sarip, & Suryanto, H. (2020). Uji Eksperimental Pengaruh Panjang Chord Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal. *Jurnal Teknik Mesin*, *13*(2), 38–45. https://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm

Homzah, O. F., Sundari, E., Sampurno, R. D., Utami, O. M., & Rahmawati, L. (2023). Studi Performasi Sudu Turbin Angin Savonius Tipe Vertical Axis Berbahan Komposit. *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, *9*(1), 30–36. https://doi.org/10.33019/jm.v9i1.3317

Kusumanto, R., Arifin, F., R. S., C., Septrianto, D., Rusdianasari, Fauzi, R., & Herlambang, Y. D. (2022). Study Combination Vertical Wind Turbine in The Mining Area. *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, *2*(1), 01–04. https://doi.org/10.53893/ijrvocas.v2i1.96

Maulana, Ade Putra; Putri, Fenoria; Arifin, F. (2022). Analisa Fatigua Menggunakan Autodesk Inventor. *Jurnal Teknologi Terapan*, *3*(1), 17–22.

Maulana, A. P., Arifin, F., Engineering, R. E., Sriwijaya, P. N., Sriwijaya, P. N., & Sriwijaya, P. N. (2023). *Jurnal Polimesin*. 311–317.

Nasution, G. G., & Dzaky, M. I. (2023). Rancangan pemanfaatan energi baru terbarukan sebagai sumber energi di desa kelapa patih jaya provinsi riau. *Machinery Jurnal Teknologi Terapan*, *4*(1), 21–27.

Suanggana, D. (2021). Analisis Jumlah dan Sudut Blade terhadap Kecepatan dan Tekanan Turbin Air Savonius dengan Metode CFD. *JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI)*, *5*(3), 119. https://doi.org/10.31543/jtm.v5i3.624

Susandi, A., Arifin, F., & RD Kusumanto. (2021). Simulation of Diffuser Parameters in the Performance of Horizontal Axis Wind Turbine using Computational Fluid Dynamics. *Engineering & Technology*, *63*(06), 7739–7749.