

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANEN ENERGI ANGIN *EXHAUST FAN* DENGAN TURBIN ANGIN ARCHIMEDES SUMBU *HORIZONTAL*

I Made Agus Artha Putra¹, Cokorde Gede Indra Partha², I Wayan Sukerayasa³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Bukit, Jimbaran, Bali

agusarthap@gmail.com¹, cokindra@unud.ac.id², sukerayasa@unud.ac.id³

ABSTRAK

Energi angin banyak dimanfaatkan untuk menggantikan bahan bakar fosil dengan berbagai macam teknologinya, tetapi pemanfaatan dengan menggunakan turbin angin archimedes masih jarang ditemukan. Pada jurnal ini, dilakukan penelitian implementasi turbin angin archimedes terhadap *exhaust fan* untuk dapat memanfaatkan energi buang yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya terbesar yang dapat dihasilkan mencapai 1,91 W pada jarak 10 cm, namun daya yang terpanen hanya sebesar 0,37 W. Jarak optimal peletakan turbin untuk memanen energi berada pada jarak 30 cm karena pada jarak tersebut turbin angin archimedes mampu memanen energi sebesar 1.54 W.

Kata kunci : Energi Buangan, *Exhaust Fan*, Turbin Angin Archimedes

ABSTRACT

Wind energy is widely used to replace fossil fuels with various technologies, but utilization by using Archimedes wind turbines is still rarely found. In this paper, research is conducted on the implementation of the Archimedes wind turbine on the exhaust fan to be able to utilize the exhaust energy produced. The test results show that the maximum power can be produced reaches 1.91 W at a distance of 10 cm, but the power produced is only 0.37 W. The optimal distance to place the turbine to harvest energy is at a distance of 30 cm because at that distance the Archimedes wind turbine is able to harvest energy of 1.54 W.

Key Words : Waste Energy, *Exhaust Fan*, Archimedes Wind Turbine

1. PENDAHULUAN

Pembangkit-pembangkit listrik yang berada di Indonesia kebanyakan masih bergantung dengan bahan bakar fosil untuk membangkitkan energi listrik. Tercatat pada tahun 2018, bahan bakar fosil berkontribusi sebesar 92,32% terhadap bauran energi primer, yang terdiri atas 33,28% berbasis batu bara, 39,19% minyak bumi, dan 19,85% gas bumi [1]. Ancaman serius terhadap kehidupan dapat timbul bila masih bergantung terhadap bahan bakar fosil, oleh karena itu implementasi energi terbarukan yang ramah lingkungan perlu mendapatkan perhatian serius dari negara salah satunya adalah energi buangan (*waste energy*).

Energi buangan yang dapat dimanfaatkan salah satunya adalah hembusan angin dari *exhaust fan* untuk

sumber energi alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Pemanfaatan energi angin buangan *exhaust fan* di sebuah industri sebagai sumber energi pembangkit listrik tenaga bayu dapat menghemat penggunaan energi hingga 13% per tahun pada industri tersebut [2].

Pemanfaatan udara buang pada *exhaust fan* untuk pembangkit listrik dapat diimplementasikan secara optimal dengan menempatkan turbin angin berhadapan dengan udara buangan *exhaust fan* sehingga kecepatan angin yang dihasilkan stabil, dan memiliki arah angin yang tetap jika dibandingkan dengan angin alami [3].

Turbin angin yang cocok digunakan untuk mendapatkan daya yang optimal adalah turbin angin tipe *horizontal* karena memiliki efisiensi yang lebih tinggi dari

turbin angin tipe vertikal [4]. Penggunaan bilah turbin angin sumbu vertikal (VAWT) hanya mampu menghasilkan daya sebesar 0,38 watt pada penelitian sebelumnya [5], sehingga turbin angin archimedes digunakan karena mampu menghasilkan torsi yang tinggi dengan kecepatan angin yang rendah sehingga lebih baik dari jenis turbin angin lainnya untuk pembangkit listrik skala kecil [6].

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sistem pemanen energi angin *exhaust fan* dengan menggunakan turbin angin archimedes sumbu *horizontal* untuk menghasilkan daya panen yang maksimal dengan memperhatikan jarak pemasangan turbin angin terhadap *exhaust fan*.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Exhaust Fan

Exhaust Fan merupakan salah satu perangkat yang saat ini masih banyak digunakan di industri. *Exhaust Fan* berfungsi untuk mengatur udara yang disirkulasikan di dalam ruangan agar tetap bersih dan segar. Salah satu contoh *exhaust fan* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Exhaust Fan Outlet* pada Industri [7]

Pemasangan *exhaust fan* dapat dibagi menjadi 3 tipe, yaitu [8]:

a. Wall Mount

Tipe *exhaust fan* ini merupakan tipe *exhaust* yang dipasang di dinding, yang pada bagian belakang dinding harus berhubungan langsung dengan udara luar untuk pembuangan udara.

b. Window Mount

Tipe *exhaust fan* ini merupakan tipe *exhaust* yang dipasang di jendela kaca (ketebalan 3-7 mm).

c. Ceiling Mount

Tipe *exhaust fan* ini merupakan tipe *exhaust* yang dipasang di plafon, tetapi hanya berfungsi melepas udara dari ruangan luar. Tipe ini ada jenis *ventilating fan* yang dilengkapi pipa penyalur udara ke luar.

2.2 Archimedes Wind Turbine

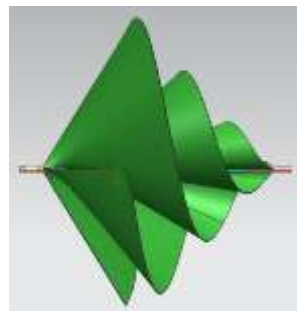
Turbin angin archimedes atau biasa disebut *archimedes windmill* adalah turbin angin jenis baru yang terdiri dari tiga bilah melingkar yang dililitkan satu sama lain dan kemudian diperluas. Ini menciptakan turbin berbentuk kerucut tiga dimensi, mirip dengan cangkang memanjang yang ditemukan di pantai. *Archimedes windmill* memiliki kelebihan dibagian strukturnya karena mampu diaplikasikan pada berbagai keadaan, dengan kecepatan rendah sekalipun turbin ini masih dapat bekerja [9].

2.2.1 Prinsip Kerja Turbin Archimedes

Prinsip kerja turbin angin Archimedes sama dengan prinsip kerja turbin angin tipe horizontal yaitu menghadapkan sudu ke arah angin bertiup. Perbedaannya adalah pada turbin .angin tipe horizontal biasa, sudu berputar karena menahan angin yang melewati airfoil sedangkan turbin angin archimedes membelokan .angin sehingga angin dapat ditangkap dengan maksimal oleh sudu [10].

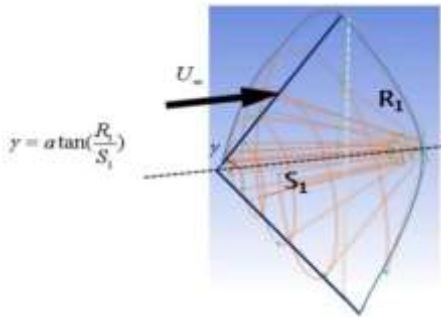
2.2.2 Desain Turbin Angin Archimedes

Perancangan turbin *horizontal* umumnya menggunakan tiga sudu, seperti terlihat pada Gambar 2. Lebih dari tiga sudu dapat meningkatkan kinerja turbin angin, tetapi ketika daya dorong angin besar akan menimbulkan banyak tekanan pada sudu-sudu tersebut, sehingga akan menyebabkan kerusakan. Jika jumlah sudu kurang dari tiga, maka harus dirancang dalam bentuk yang lebih kompleks, sehingga tekanan angin yang didapatkan mendekati ukuran ketika menggunakan tiga sudu, selain itu magnet yang digunakan dalam generator harus lebih kuat [11].



Gambar 2. Bentuk dari *Archimedes Windmill* pada Sisi Samping [12]

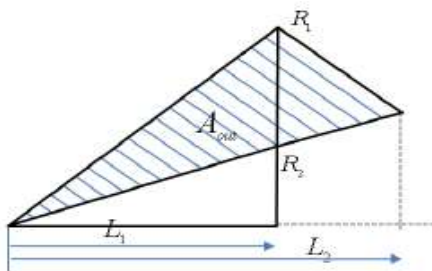
Parameter bentuk dapat didefinisikan sebagai pengembangan persamaan lainnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Parameter Bentuk dari Archimedes Windmill [12]

Parameter bentuk dapat didefinisikan sebagai pengembangan persamaan-persamaan yang lain. Parameter bentuk meliputi, γ yang didefinisikan sebagai sudut antara sumbu rotasi dengan ujung blade, R_1 adalah jarak vertikal ujung bilah terluar dari sumbu rotasi, R_2 adalah jarak vertikal ujung bilah bagian dalam dari sumbu rotasi, dan S_1 adalah jarak horizontal antara ujung pisau depan hingga bagian blade terluar [12].

Prosedur geometris dapat digunakan untuk menurunkan parameter bentuk tambahan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Estimasi Area Outlet dan Spesifikasi Relatif [13]

L_1 adalah jarak antara pusat sisi belakang dengan posisi x yang tegak lurus terhadap ujung blade terluar. L_2 adalah jarak antara posisi tengah sisi belakang dengan posisi x yang tegak lurus terhadap ujung blade terdalam.

Berdasarkan Gambar 4, A_{out} atau luas daerah sapuan angin dapat diwakili menggunakan parameter bentuk, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1) [13]:

$$A_{out} = \frac{1}{2} (R_1 - R_2) L_2 \quad (1)$$

Keluaran daya mekanik optimal dari turbin angin terhadap kecepatan angin dapat dihitung seperti pada persamaan (2) [13]:

$$P_{opt} = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p \quad (2)$$

Keterangan:

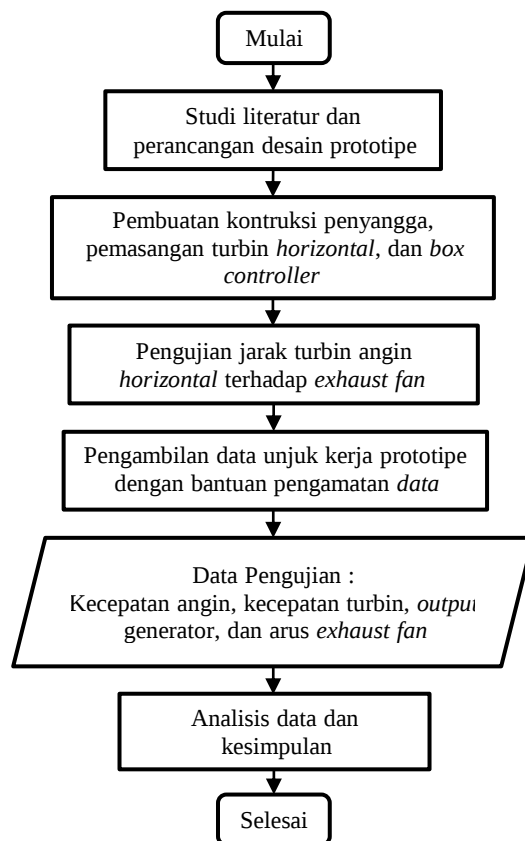
- A = Luas daerah sapuan angin (m^2)
- C_p = Koefisien daya
- P_{opt} = Daya output (Watt)
- ρ = Kerapatan angin (1.2 kg/s)
- v = kecepatan angin (m/s)

2.3 Generator

Generator listrik adalah suatu peralatan yang mengubah enersi mekanis menjadi enersi listrik. Konversi energi berdasarkan prinsip pembangkitan tegangan induksi sesuai dengan Hukum Faraday dimana tegangan induksi akan dibangkitkan pada konduktor bila konduktor memotong fluksi atau medan magnet. Bagian terpenting dari generator terdiri dari dua bagian yaitu; konduktor sebagai tempat timbulnya tegangan induksi dan belitan medan untuk menghasilkan medan magnet [14].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium bengkel Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana Jimbaran, Bali. Periode pelaksanaan dari November 2020 hingga April 2021, untuk diagram alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alur Penelitian

Penelitian mengenai Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi Angin *Exhaust Fan* dengan Turbin Angin Archimedes Sumbu *Horizontal*, dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Menambah pemahaman dengan studi literatur mengenai lingkup topik serta rancangan yang akan dibuat, dan mendesain rancang bangun dari prototipe.
2. Merealisasikan desain prototipe yang dimulai dari pembuatan konstruksi, pemasangan turbin dan *box controller*.
3. Melakukan pengukuran kecepatan angin *exhaust fan* dari berbagai titik koordinat sumbu x, y untuk mengetahui karakteristik angin yang dihasilkan. Kemudian dilakukan proses pengujian jarak turbin terhadap *exhaust fan*, untuk mendapatkan daya *output* yang maksimal dan daya panen yang optimal.
4. Melakukan pengambilan data yang dibantu dengan menggunakan *data logger*, kemudian dilakukan proses pengolahan data yang telah disimpan sebelumnya di dalam SD Card menggunakan PC/Laptop. Data yang ditampilkan berupa kecepatan angin, kecepatan turbin, *output* generator, dan arus *exhaust fan*.
5. Melakukan analisis terhadap data hasil pengujian dan data hasil perhitungan secara teori mengenai daya yang dapat dihasilkan dari turbin, kemudian data tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan kesimpulan.

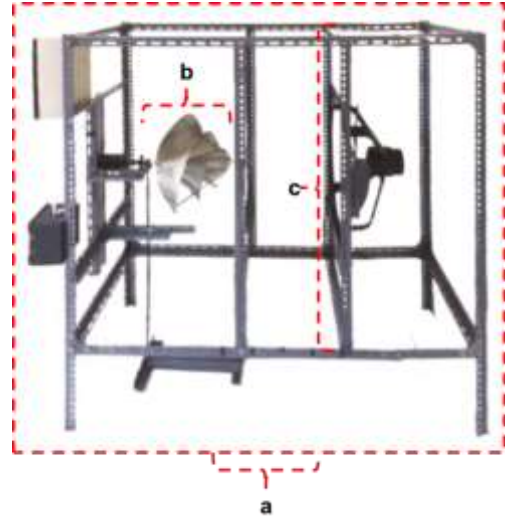
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Perancangan sistem pemanen udara buang *exhaust fan* menggunakan turbin angin archimedes terdiri dari dua perancangan meliputi, perancangan alat uji dan perancangan *data logger*.

4.1.1 Hasil Perancangan Alat Uji

Hasil Perancangan alat uji terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu wahana pengujian, turbin angin *horizontal* dan penopang *exhaust fan*. Hasil perancangan alat uji ini dapat dilihat pada Gambar 6.



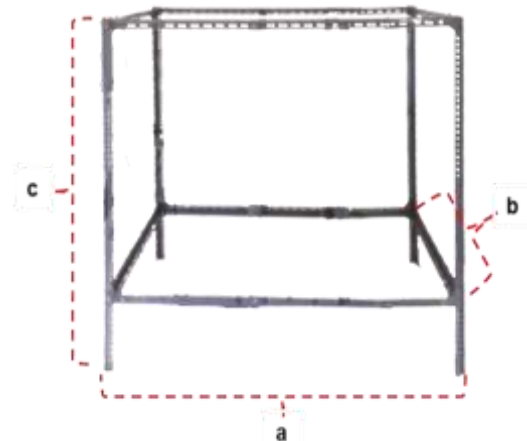
Gambar 6. Hasil Perancangan Alat Uji

Keterangan:

- a = Wahana Pengujian
b = Turbin Angin *Horizontal*
c = Penopang *Exhaust Fan*

Spesifikasi bagian – bagian dari hasil perancangan alat uji adalah sebagai berikut.

1. Gambar 7 adalah wahana pengujian yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:
 - a. Panjang Wahana Pengujian: 143 cm
 - b. Lebar Wahana Pengujian: 63 cm
 - c. Tinggi Wahana: 145 cm



Gambar 7. Wahana Pengujian

2. Gambar 8 menunjukkan generator DC yang digunakan pada penelitian.



Gambar 8. Generator DC

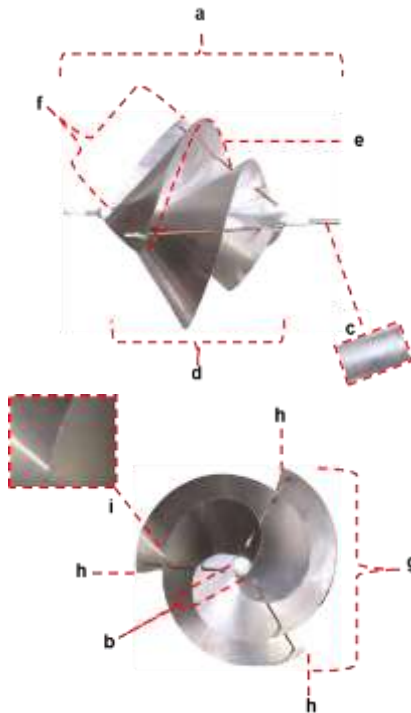
Spesifikasi dari generator yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Generator [15]

RPM	No-Load DC Voltage	3 Ohm Load Resistor	11.7 Ohm Load Resistor
500	2,8V	0,33W 1V 33mA	0,41W 2,2V 188mA
1000	5,7V	1,33W 2V 66mA	1,36W 4V 341mA
1500	8,5V	2,8W 2,9V 960mA	2,68W 5,6V 478mA
2000	11,4V	4,56W 3,7V 1,23mA	6W 8,4V 717mA
2500	12V	6,75W 4,5V 1,5A	9W 10,3V 880mA
5000	24V	27W 9V 3A	36W 20,6V 1,76A

Generator DC yang terhubung langsung dengan turbin angin *horizontal*. Gambar 9 merupakan Turbin angin *horizontal* yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

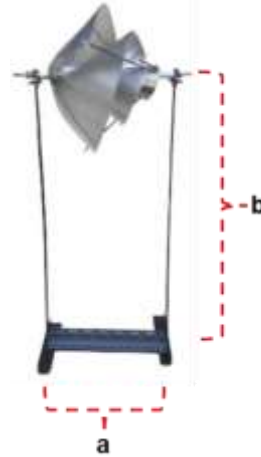
- a. Panjang Poros: 45 cm
- b. Diameter Lubang Poros: 10 mm
- c. Material Poros: Besi Drat
- d. Panjang Bilah: 26 cm
- e. Tebal Bilah: 0,4 mm
- f. Sudut Kemiringan: 60 derajat
- g. Diameter Bilah: 44,5 cm
- h. Jumlah Bilah: 3 Bilah
- i. Material Bilah: Aluminium



Gambar 9. Turbin Angin Archimedes

Turbin angin memiliki penopang yang dapat dilihat pada Gambar 10 dengan spesifikasi sebagai berikut:

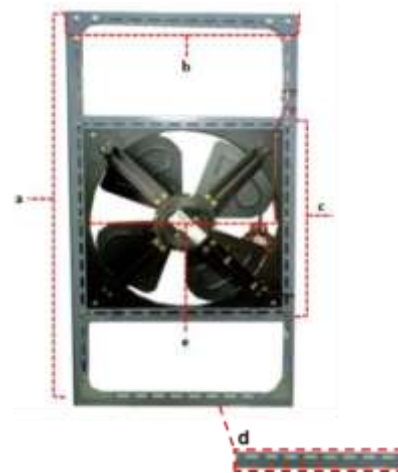
- a. Panjang Penopang: 35 cm
- b. Tinggi Penopang: 83 cm



Gambar 10. Penopang Turbin

3. Gambar 11 adalah penopang *exhaust fan* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Tinggi Dudukan: 115 cm
- b. Lebar Dudukan: 63 cm
- c. Panjang sisi-sisi pegangan: 59 cm
- d. Material Dudukan: Besi Siku Lubang
- e. Diameter *Exhaust Fan*: 52 cm



Gambar 11. Penopang Exhaust Fan

4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Hasil Pengujian Daya Keluaran Generator dengan Menggunakan Turbin Angin Archimedes

Pengujian dilakukan untuk mengetahui daya keluaran dari generator dengan menggunakan turbin angin archimedes. Hasil rata-rata pengukuran daya generator setiap jarak pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Daya Generator

Jarak	Generator (Output)		
	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
10	4,40	0,49	1,91
20	4,38	0,45	1,78
30	3,99	0,40	1,60
40	3,93	0,38	1,49
50	3,84	0,36	1,37

4.3 Analisis Pengaruh Jarak Pengujian Turbin Terhadap Daya Output Generator dan Performa Exhaust Fan

Perhitungan daya yang dapat dipanen, diperoleh dari perbandingan daya yang dihasilkan oleh generator dari setiap variasi jarak terhadap kenaikan daya *exhaust fan*. Tabel 3 menunjukkan kenaikan daya *exhaust fan* terhadap jarak turbin.

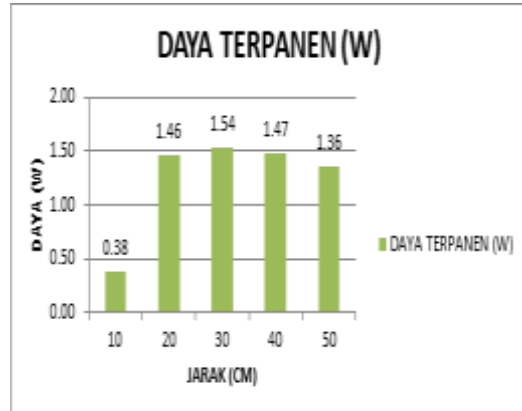
Tabel 3. Pengaruh Jarak terhadap Kenaikan Daya Exhaust Fan

Jarak (cm)	Daya Exhaust Fan tanpa Turbin (W)	Daya Exhaust Fan dengan Turbin (W)	Kenaikan Daya Exhaust fan (W)
10	156.41	157,95	1.54
20		156,74	0.33
30		156,47	0.06
40		156,43	0.02
50		156,42	0.01

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 maka dapat diketahui perbandingan daya *output* generator dengan kenaikan daya konsumsi *exhaust fan* yang dapat dilihat pada Gambar 12.

**Gambar 12.** Grafik Perbandingan Daya Output Generator dengan Kenaikan Daya Exhaust Fan

Dari data perbandingan yang telah dihasilkan, maka dapat diketahui jumlah energi yang dipanen pada setiap jarak pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 13.

**Gambar 13.** Grafik Data Hasil Panen Energi

Grafik menunjukkan bahwa, energi terbesar yang dapat dipanen adalah 1,54 W. Sehingga jarak optimal peletakkan turbin berada di jarak 30 cm.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan mengenai rancang bangun sistem pemanen energi angin *exhaust fan* dengan turbin angin archimedes sumbu *horizontal*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem pemanen energi yang memanfaatkan udara buang *exhaust fan* dengan turbin angin archimedes telah berhasil dirancang. Sistem pemanen energi terdiri dari rangkaian kontrol, wahana pengujian, dan turbin angin archimedes.
2. Turbin angin archimedes dapat diletakkan pada jarak 10 cm untuk mendapatkan daya terbesar, sedangkan turbin untuk memanen daya yang optimal dapat diletakkan pada jarak 30 cm.
3. Turbin angin archimedes dapat menghasilkan daya hingga 1,91 W tanpa memperhatikan daya konsumsi dari *exhaust fan*, sedangkan dengan memperhatikan daya konsumsi *exhaust fan* sebesar 156,47 W turbin dapat memanen daya optimal sebesar 1,54 W.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Wiratmini, "Indonesia Masih Bergantung pada Energi Fosil untuk Jangka Panjang - Ekonomi Bisnis.com." <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190925/44/1152391/indonesia-masih-bergantung-pada-energi-fosil-untuk-jangka-panjang>. Diakses pada tanggal 23 Oktober 2020
- [2] P. S. Chew, A. F. Abdullah, O. C. Sean, and T. C. Ching, "Exhaust Air and Wind Energy Recovery System for Clean Energy Generation," 2011 Int. Conf. Environ. Ind. Innov. (ICEII 2011), no. January, 2011.
- [3] Y. K. Wardhana, C. Gede, I. Partha, and I. W. Sukerayasa, "Pemanfaatan Udara Buang Exhaust Fan dengan Pengaruh Penambahan Honeycomb" vol. 8, no. 1, 2021.
- [4] J. Fadil, Soedibyo, and M. Ashari, "Performance comparison of vertical axis and horizontal axis wind turbines to get optimum power output," QiR 2017 - 2017 15th Int. Conf. Qual. Res. Int. Symp. Electr. Comput. Eng., vol. 2017-Decem, no. C1, pp. 429–433, 2017, doi: 10.1109/QIR.2017.8168524.
- [5] K. Dharma Yasa, "Program studi teknik elektro fakultas teknik universitas udayana jimbaran-bali 2010," no. 0804405050, pp. 141–148, 2010.
- [6] S. Chaudhary et al., "Comparison of Torque Characteristics of Archimedes Wind Turbine Evaluated By Analytical and Experimental Study," Int. J. Mech. Prod. Eng., vol. 4, no. 8, pp. 75–78, 2016.
- [7] H. M. Hiremath et al., "Generation of Electricity from Exhausted Air," Int Res. J. Eng Technol., vol. 5, no. 5, pp. 1748–1753, 2018.
- [8] I. M. Mudiarta, "Program studi teknik elektro fakultas teknik universitas udayana jimbaran-bali 2010," no. 0804405050, pp. 141–148, 2010.
- [9] F. Andrias, "Perancangan Turbin Archimedes Wind Mill Pada Rumah Tepi Pantai," 2018.
- [10] T. N. Nugroho, "Pengujian Turbin Angin Archimedes."
- [11] I. Rizianiza, D. Setiorini, and A. Djafar, "Perancangan Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Studi Kasus Institut Teknologi Kalimantan," SPECTA J. Technol., vol. 2, no. 3, p. 21, 2018, doi: 10.35718/specta.v2i3.7.
- [12] K. C. Kim, H. S. Ji, Y. K. Kim, Q. Lu, J. H. Baek, and R. Mieremet, "Experimental and numerical study of the aerodynamic characteristics of an archimedes spiral wind turbine blade," Energies, vol. 7, no. 12, pp. 7893–7914, 2014, doi: 10.3390/en7127893.
- [13] H. Jang, D. Kim, Y. Hwang, I. Paek, S. Kim, and J. Baek, "Analysis of Archimedes spiral wind turbine performance by simulation and field test," Energies, vol. 12, no. 24, 2019, doi: 10.3390/en12244624.
- [14] J. Nainggolan, "Perancangan Tachogenerator Dari Dinamo Tape Recorder," vol. 1, no. 1, 2017.
- [15] Anonim, "40W Small Wind Turbine Generators 12V-24V DC Permanent Magnet Motor | eBay." <https://www.ebay.com/itm/281705143642?hash=item4196ef5d5a:g:AIUA> AOSw4A5YyqHC. Diakses pada Tanggal 13 Maret 2021.