

PENGARUH JARAK TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE-U SUMBU VERTIKAL DENGAN SUMBER BUANGAN ANGIN *EXHAUST FAN KITCHEN* TERHADAP UNJUK KERJA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU

Ida Bagus Gede Dharma Pawitra¹, I Wayan Arta Wijaya², I Gusti Ngurah Janardana³

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

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali 80361

Gusawi11@gmail.com¹, artawijaya@unud.ac.id², janardana@unud.ac.id³

ABSTRAK

Kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat, terutama dalam realisasi konsumsi listrik yang mencapai 20,18 TWh pada bulan Juli 2020. Dengan penggunaan energi angin buangan dari *exhaust fan* sebagai sumber energi angin alternatif dianggap cukup efektif karena karakteristik angin yang dihasilkan stabil. metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuantitatif dan tujuan penelitian ini untuk mendapatkan jarak optimal peletakan turbin angin savonius sumbu vertikal terhadap *exhaust fan*. Pengaturan jarak turbin dilakukan dengan mengatur posisi turbin angin terhadap *exhaust fan* dengan 4 jarak pengujian yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm dan 50cm. Hasil dari penelitian ini yaitu jarak 10 cm beban 40 ohm daya *output* dihasilkan 1,74 watt dengan efisiensi 23%, beban 80 ohm daya *output* dihasilkan 1,4 watt dengan efisiensi 18%, beban 120 ohm daya *output* dihasilkan 1,215 watt dengan efisiensi 16%, beban 160 ohm daya *output* dihasilkan 0,91 watt dengan efisiensi 12%, beban 200 ohm daya *output* dihasilkan 0,91 watt dengan efisiensi 12%. jarak 50 cm beban 40 ohm daya *output* dihasilkan 0,4 watt dengan efisiensi 11%, beban 80 ohm daya *output* dihasilkan 0,19 watt dengan efisiensi 5%, beban 120 ohm daya *output* dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%, beban 160 ohm daya *output* dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%, beban 200 ohm daya *output* dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%, maka jarak optimal peletakan turbin didapatkan yaitu dengan jarak 10 cm.

Kata Kunci : *Prototype* PLTB, Turbin Savonius , Kecepatan angin, *Output* yang dihasilkan dari generator

ABSTRACT

. *Energy needs in Indonesia are increasing, especially in the realization of electricity consumption which reached 20.18 TWh in July 2020. Using exhaust wind energy from exhaust fans as an alternative source of wind energy is considered quite effective because the characteristics of the wind produced are stable. The method used in This research is quantitative and the purpose of this research is to get the optimal distance from the vertical axis of the savonius wind turbine to the exhaust fan. Setting the distance of the turbine is done by adjusting the position of the wind turbine to the exhaust fan with 4 test distances, namely 10 cm, 20 cm, 30 cm and 50 cm. The results of this study are a distance of 10 cm with a 40 ohm load, the output power is 1.74 watts with an efficiency of 23%, an 80 ohm load, the output power is 1.4 watts with an efficiency of 18%, a 120 ohm load, the output power is 1.215 watts with an efficiency of 16%. , a 160 ohm load produces 0.91 watts of output power with an efficiency of 12%, a 200 ohm load produces 0.91 watts of output power with an efficiency of 12%. distance of 50 cm 40 ohm load output power generated 0.4 watts with 11% efficiency, 80 ohm load output power generated 0.19 watts with 5%*

efficiency, 120 ohm load output power generated 0 watts with 0% efficiency, 160 ohm load power the output is 0 watts with 0% efficiency, a 200 ohm load produces 0 watts output power with 0% efficiency, so the optimal distance for placing the turbine is 10 cm.

Key Words : PLTB Prototype, Savonius Turbine, Wind speed, The output generated from the generator

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat, terutama dalam realisasi konsumsi listrik. Direktur Pembinaan dan Pengusahaan Ketenagalistrikan Kementerian ESDM Hendra Iswahyudi, menyatakan konsumsi listrik pada Juli 2020 mencapai 20,18 TWh, meningkat dari bulan sebelumnya yang hanya mencapai 19,2 TWh. Dalam pemenuhan energi Indonesia masih disokong energi fosil. Maka penghematan energi dengan memanfaatkan energi buangan (*waste energy*) merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan. Energi buangan yang dapat dimanfaatkan salah satunya adalah energi angin buangan dari *exhaust fan* sebagai sumber energi alternatif untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) [1].

Berdasarkan penelitian “Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi Angin *Exhaust Fan* Dengan Pengaruh Jarak Turbin Angin Sumbu Horizontal Bilah *Exhaust Fan*” pengujian ini menjelaskan bahwa perancangan sistem pemanen energi yang memanfaatkan udara buang *exhaust fan* dengan pengaruh turbin angin horizontal bilah *exhaust fan* berhasil dirancang. Sistem pemanen energi terdiri rangkaian kontrol, wahana pengujian, dudukan *exhaust fan* dan turbin angin, Jarak turbin optimal terhadap *exhaust fan* berada pada jarak 20 cm dari 5 jarak pengujian dengan daya yang dihasilkan sebesar 1,50 Watt dan peningkatan daya konsumsi *exhaust fan* sebesar 0,38 Watt akibat pengaruh pemasangan turbin sehingga didapat daya sisa yang dapat dipanen sebesar 1,12 Watt [1]. Berdasarkan “Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Untuk Sistem Penerangan Perahu Nelayan”, menjelaskan tentang rancang bangun turbin angin sumbu

vertikal tipe savonius yang dijadikan pilihan untuk mengkonversi tenaga angin di laut menjadi sumber penerangan perahu nelayan karena mempunyai banyak keuntungan apabila diaplikasikan pada perahu kecil dibandingkan turbin angin sumbu horizontal, antara lain mudah dibuat, mudah perawatan dan tidak perlu tiang yang tinggi. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan hasil tegangan output generator yang digunakan berkisar 70-75 V pada putaran poros 800-1000 rpm [2].

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas maka dalam penelitian ini akan dilanjutkan dengan “Pengaruh Jarak Turbin Angin Savonius Tipe-U Sumbu Vertikal Dengan Sumber Buangan Angin *Exhaust Fan Kitchen* Terhadap Unjuk Kerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Bayu”. Sehingga Penelitian ini memiliki perbedaan dan keunggulan dari penelitian tersebut, khususnya pada sumber energi, konstruksi *prototype* dan efisiensi sehingga keunggulannya dapat digunakan sebagai acuan khususnya mengambil sumber dari angin buangan *exhaust fan*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Angin

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu/temperatur rendah ke wilayah bersuhu tinggi. Angin memiliki hubungan yang erat dengan sinar matahari karena daerah yang terkena banyak paparan sinar matahari akan memiliki suhu yang lebih tinggi serta tekanan udara yang lebih rendah dari daerah lain di sekitarnya sehingga menyebabkan terjadinya aliran udara. Angin juga dapat disebabkan oleh pergerakan

benda sehingga mendorong udara di sekitarnya untuk bergerak ke tempat lain [2].

2.2 Definisi PLTB

PLTB adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Bayu yang pada hakikatnya mengkonversi energi dari pergerakan angin menjadi energi listrik melalui turbin angin atau kincir angin [3].

2.3 Turbin Angin Savonius

Turbin angin Savonius pertama kali diperkenalkan oleh seorang insinyur Finlandia yang bernama *Sigurd J. Savonius* pada tahun 1922. Turbin angin Savonius adalah turbin angin yang memiliki bentuk dan konstruksi yang sangat sederhana sehingga dalam proses pembuatannya pun tidak memerlukan biaya yang mahal. Turbin angin Savonius adalah salah satu jenis turbin angin yang digerakkan dengan gaya drag. Turbin ini terdiri atas dua hingga tiga bucket atau sudu yang disusun sedemikian rupa sehingga jika dilihat dari atas akan terlihat seperti membentuk huruf S [4].

2.4 Konversi Energi pada PLTB

Energi angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali. Proses pemanfaatan energi angin melalui dua tahapan konversi diantaranya adalah sebagai berikut [5]:

1. Aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup.
2. Putaran rotor dihubungkan dengan *generator* sehingga dapat dihasilkan listrik.

Turbin angin mengkonversi energi kinetik dari angin yang bergantung pada *wind power*. *Wind power* merupakan kuantitas dari energi angin yang melewati suatu area per unit waktu. Energi angin didefinisikan sebagai energi angin yang bergerak, energi tersebut adalah energi kinetik yang merupakan fungsi dari massa dan kecepatan fluida [5].

Energi kinetik dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$KE = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots(1)$$

Wind power adalah rasio energi kinetik yang mengalir melalui penampang pada setiap satuan waktu, dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana *m* merupakan laju aliran massa yang memiliki persamaan sebagai berikut.

$$m = \rho \cdot A \cdot v \dots\dots\dots(3)$$

Sehingga *wind power* yang menyatakan energi kinetik yang melalui penampang setiap satuan waktu dapat dinyatakan sebagai daya yang melalui penampang dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- KE = Energi kinetik (Nm)
- P = Daya angin mengenai turbin (Watt)
- m = Massa udara (kg/s)
- A = Luas area turbin yang dilewati angin (m²)
- v = Kecepatan angin (m/s)
- ρ = Kerapatan udara (m³)

2.4.1 Daya Angin

Daya angin adalah besaran energi yang dapat dihasilkan oleh angin pada kecepatan tertentu yang menabrak sebuah turbin angin dengan luas bidang tertentu Sehingga energi kinetik angin yang berhembus dalam satuan waktu (daya angin) adalah[6]:

$$P_w = \frac{\rho a A v^3}{2} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- P_w = Daya angin (Watt),
- ρa = Massa jenis udara (kg/m³),
- A = Luas penampang (m²),
- v = Kecepatan angin (m/s).

Setiap rotor dari turbin angin memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dengan memasukkan koefisien daya (C_p), maka daya mekanik aktual (P_a) yang diperoleh dari energi kinetik angin menjadi daya turbin[6].

2.4.2 Daya Turbin

Daya turbin adalah besaran energi mekanik yang dapat dibangkitkan oleh rotor turbin angin akibat mendapatkan daya dari hembusan angin. Daya turbin angin tidak sama dengan daya angin dikarenakan daya turbin angin dipengaruhi oleh koefisien daya (C_p). keluaran daya mekanik optimal dari turbin angin terhadap kecepatan angin dapat dihitung seperti pada persamaan berikut [7]:

$$P_{opt} = \frac{C_p \rho A v^3}{2} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

- P_{opt} = Daya turbin optimal
- C_p = Koefisien daya
- ρ = kerapatan angin (1.2 kg/s)
- A = luas daerah sapuan angin (m²)
- v = kecepatan angin (m/s)

Akibat perputaran pada belitan jangkar (armature), maka timbul tegangan induksi pada belitan jangkar, yaitu:

$$E_a = c n \phi \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

- E_a = Tegangan induksi (volt)
- c = Konstanta generator
- ϕ = Fluksi (weber)
- N = Putaran generator (rpm)

3. METODELOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana dan *Kitchen Intuitive*. Pelaksanaan penelitian ini akan dimulai dari bulan Mei 2022. Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode yaitu sebagai berikut:

1. Metode Kepustakaan

Metode pengumpulan data dengan cara membaca atau mencari buku – buku, jurnal, atau sumber – sumber yang relevan untuk membantu di dalam menyelesaikan dan juga untuk melengkapi data yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

2. Metode Observasi

Metode pengumpulan data dengan metode observasi, dimana akan dilakukannya pengamatan secara langsung

ke objek prototipe penelitian dengan sumber.



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

Flow chart penelitian ini digunakan untuk menunjukkan alur penelitian dari awal, studi literatur, merancang hingga mendapatkan hasil dari rancang bangun prototipe. pencarian literatur dari berbagai sumber yaitu skripsi, buku, jurnal, makalah ilmiah dan internet yang terkait dengan prototipe rancang bangun pembangkit listrik tenaga bayu dengan tipe turbin angin savonius sumbu vertikal. Khususnya penelitian dimulai dengan mempelajari sistem kerja, karakteristik, bagian – bagiannya maupun semua yang berhubungan dengan prototipe rancang bangun pembangkit listrik tenaga bayu dengan tipe turbin angin savonius sumbu *vertical*. Metode perancangan prototipe dimulai dari membangun prototipe turbin angin savonius tipe u sumbu vertical ini dibagi menjadi 2 yaitu mendesain turbin angin savonius dengan menggunakan 4 sudu dan metode pengambilan data dengan pengaruh jarak. Prototipe PLTB Turbin Savonius tipe U Sumbu Vertikal memiliki sistem kerja yang memerlukan sumber angin, dalam penelitian ini yaitu angin buangan *exhaust* pada *kitchen*. *Exhaust fan* ini memiliki selubung berbahan plat aluminium yang sudah terpasang sebelumnya yang berfungsi sebagai arah buangan angin dari kitchen yang disebut

ducting, dari ujung akhir *ducting* ini prototipe diletakan. Dilakukan pengukuran kecepatan angin menggunakan Anemometer didapatkan angin keluaran exhaust dengan kecepatan 5,5m/s mendorong atau memutar turbin dari prototipe PLTB Savonius. Sesuai dengan desain prototipe, prototipe pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin savoius pada penelitian ini menggunakan pulley yang menghubungkan putaran turbin dan generator menggunakan belt yang berfungsi mentransmisikan gaya putar poros menuju generator, sehingga menciptakan sistem mekanis perputaran dengan baik. Dilakukan pula pengukuran kecepatan putaran pada poros turbin, pulley poros dan pulley generator menggunakan tachometer dan pengaruh jarak yang akan digunakan 10,20, 30, dan 50 cm. *output* yang didapat akan di bandingkan dan diambil digunakan yang optimal.

Analisis data yang digunakan berupa data kuantitatif yang didapat setelah dilakukan pengujian dan jarak optimal penempatan turbin pada *prototype* yang dibuat, sehingga didapatkan data hasil pengujian berupa kecepatan angin *output Exhaust* dan kecepatan angin yang diterima turbin, rpm turbin, rpm generator, arus *output*, tegangan *output*, daya *output*, dan torsi yang dihasilkan generator dan efisiensi *prototype* PLTB Turbin Savonius Tipe U sumbu vertikal dengan sudut kelengkungan bilah 135°. Jumlah sudu yang digunakan sebanyak 4 buah sudu .

Setelah semua data terkumpul, dilakukan analisa perbandingan hasil kecepatan angin *output Exhaust* dan kecepatan angin yang diterima turbin, rpm turbin, rpm generator, arus *output*, tegangan *output*, daya *output*, dan torsi yang dihasilkan generator dan efisiensi yang didapatkan dari variasi 4 buah, dan perbandingan hasil *output* keseluruhan terhadap perubahan waktu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Turbin Angin Vertikal

Perancangan Pengaruh Jarak Turbin Angin Savonius Tipe-U Sumbu Vertikal

Dengan Sumber Buangan Angin *Exhaust Kitchen* Terhadap Unjuk Kerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ini terdiri dari 3 perancangan yaitu perancangan turbin angin sumbu vertikal, perancangan penyangga turbin dan generator, dan perancangan kontruksi pengujian. Turbin angin vertikal digunakan sebagai penggerak generator untuk menghasilkan energi listrik. Pada perancangan ini turbin angin vertikal dibuat sama persis dengan bilah *exhaust fan* yang digunakan dengan diameter yang sama yaitu 20 inch dan jumlah bilah sama yaitu 4 bilah. Berikut spesifikasi turbin angin serta gambar model turbin angin yang dirancang. Rangka penyangga digunakan sebagai tempat peletakan antara turbin dan generator. Rangka penyangga dibuat dengan menggunakan besi siku 4x4 cm, di rakit sesuai dengan gambar dengan cara mengelas dengan memperhatikan fungsi setiap sisinya. Turbin angin akan dikopel dengan generator sehingga generator dapat berputar dan menghasilkan energi listrik. Generator yang digunakan pada perancangan prototipe ini adalah generator DC (*Direct Current*) dengan Magnet Permanen.



Gambar 1. Pengujian Turbin Angin pada Exhaust Fan dengan Jarak 10 cm

4.2 Hasil Pengujian

Pengujian jarak turbin dilakukan untuk mendapatkan jarak optimal peletakan turbin angin sumbu vertikal terhadap *exhaust fan*. Nilai *output* optimal disajikan dalam bentuk grafik dengan parameter nilai pergeseran jarak turbin, kecepatan angin, kecepatan

putar turbin, tegangan generator, arus generator, daya generator, tegangan *exhaust fan*, dan arus pada *exhaust fan*.

Dari data spesifikasi *exhaust fan* dapat diketahui arus nominal pada *exhaust fan* menggunakan persamaan berikut:

$$I_{exhaustfan} = \frac{P}{V}$$

$$I_{exhaustfan} = \frac{237}{220}$$

$$I_{exhaustfan} = 1,07 \text{ A}$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan, *exhaust fan* memiliki arus nominal sebesar 1,07 A. Berikut merupakan hasil sampel pengujian arus *exhaust fan*.

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan, *exhaust fan* memiliki arus nominal sebesar 1,07 A. Berikut merupakan hasil sampel pengujian arus *exhaust fan*.

Tabel 1. Hasil Pengukuran *Exhaust Fan* Tanpa Turbin dan Dengan Turbin

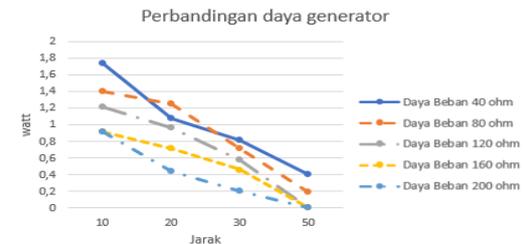
Waktu	Arus <i>exhaust fan</i> tanpa turbin (ampere)	Arus <i>exhaust fan</i> dengan turbin (ampere)
1	1,1	1,1
2	1,2	1,2
3	1,1	1,1
4	1,2	1,1
5	1,1	1,2
Rata-rata	1,14	1,16

Analisis hasil pengukuran arus *exhaust fan* pada jarak 10 cm mengalami peningkatan dari 1,1 A hingga 1,2 A pada saat pengujian selama 1 jam dengan rata-rata 1,16 A. Sedangkan tegangan *exhaust fan* stabil di angka 220V serta konsumsi daya *exhaust fan* meningkat seiring dengan peningkatan arus *exhaust fan* dan di dapat rata-rata daya konsumsi *exhaust fan* tanpa turbin yaitu sebesar 255,2 Watt.

4.3 Hasil Pengujian Tegangan, Arus, dan Daya Output Generator Terhadap Jarak Pengujian

Tabel 2. Daya Elektrik PLTB

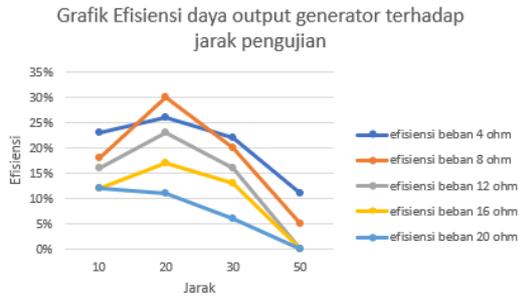
Jarak	Daya Elektrik PLTB			
	Lampu LED DC (ohm)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)
10	40	2,9	0,6	1,74
	80	2,8	0,5	1,4
	120	2,7	0,45	1,215
	160	2,6	0,35	0,91
	200	2,6	0,35	0,91
20	40	2,7	0,4	1,08
	80	2,5	0,5	1,25
	120	2,4	0,4	0,96
	160	2,4	0,3	0,72
	200	2,2	0,2	0,44
30	40	2,4	0,34	0,816
	80	2,4	0,3	0,72
	120	2,3	0,25	0,575
	160	2,3	0,2	0,46
	200	2,1	0,1	0,21
50	40	2	0,2	0,4
	80	1,9	0,1	0,19
	120	1,7	0	0
	160	1,6	0	0
	200	1,6	0	0



Gambar 2. Grafik Perbandingan Arus Generator

Analisis data pengujian diatas diketahui performa terbaik terdapat pada jarak terdekat dari 4 variasi jarak yaitu 10 cm dengan tegangan generator yang dihasilkan sebesar 2,9 Volt, arus 0,6 Ampere dan daya output generator sebesar 1,74 Watt dengan pembebanan lampu LED DC 40 ohm. Performa terburuk berada pada jarak terjauh yaitu 50 cm dengan tegangan generator yang dihasilkan sebesar 1,6 Volt, arus 0 Ampere dan daya output generator sebesar 0 Watt. Dari grafik diatas dapat diketahui semakin jauh jarak pengujian maka semakin kecil tegangan, arus dan daya yang dihasilkan.

4.4 Analisa Efisiensi Daya Generator Terhadap Jarak Pengujian



Gambar 3. Grafik Efisiensi Daya Generator Terhadap Jarak Pengujian

Analisis berdasarkan penelitian keseluruhan diatas didapatkan Jarak turbin optimal terhadap *exhaust fan* berada pada jarak 10 cm dari 4 jarak pengujian dengan daya yang dihasilkan menggunakan beban 40 ohm daya output dihasilkan 1,74 watt dengan efisiensi 23%,beban 80 ohm daya output dihasilkan 1,4 watt dengan efisiensi 18%,beban 120 ohm daya output dihasilkan 1,215 watt dengan efisiensi 16%,beban 160 ohm daya output dihasilkan 0,91 watt dengan efisiensi 12%,beban 200 ohm daya output dihasilkan 0,91 watt dengan efisiensi 12%. jarak 50 cm beban 40 ohm daya output dihasilkan 0,4 watt dengan efisiensi 11%,beban 80 ohm daya output dihasilkan 0,19 watt dengan efisiensi 5%,beban 120 ohm daya output dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%,beban 160 ohm daya output dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%,beban 200 ohm daya output dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%, maka jarak optimal peletakan turbin didapatkan yaitu dengan jarak 10 cm.

5.KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan adalah:

1. Perancangan Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) Turbin Angin Savonius Tipe-U Sumbu Vertikal Dengan Sumber Buangan Angin Exhaust Kitchen Terhadap Unjuk Kerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Dengan sistem energi yang memanfaatkan udara buang *exhaust fan* dengan pengaruh jarak turbin angin vertical 4 bilah berhasil dibuat.

2. Jarak turbin optimal terhadap *exhaust fan* berada pada jarak 10 cm dari 4 jarak pengujian dengan kecepatan putar turbin 25 rpm dengan daya yang dihasilkan menggunakan beban 40 ohm dihasilkan daya *output* sebesar 1,74 Watt, beban 80 ohm dihasilkan daya *output* sebesar 1,4 watt, beban 120 ohm dihasilkan daya *output* sebesar 1,215 watt,beban 160 ohm dihasilkan daya *output* sebesar 0,91 watt dan beban 200 ohm dihasilkan daya *output* sebesar 0,91 watt dan daya konsumsi *exhaust fan* stabil sebesar 4,4 Watt tidak adanya peningkatan pada daya konsumsi *exhaust fan*.
3. Efisiensi Optimal dari penelitian ini yaitu jarak 10 cm beban 40 ohm daya *output* dihasilkan 1,74 watt dengan efisiensi 23%,beban 80 ohm daya *output* dihasilkan 1,4 watt dengan efisiensi 18%,beban 120 ohm daya *output* dihasilkan 1,215 watt dengan efisiensi 16%,beban 160 ohm daya *output* dihasilkan 0,91 watt dengan efisiensi 12%,beban 200 ohm daya *output* dihasilkan 0,91 watt dengan efisiensi 12%. jarak 50 cm beban 40 ohm daya *output* dihasilkan 0,4 watt dengan efisiensi 11%,beban 80 ohm daya *output* dihasilkan 0,19 watt dengan efisiensi 5%,beban 120 ohm daya *output* dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%,beban 160 ohm daya *output* dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%,beban 200 ohm daya *output* dihasilkan 0 watt dengan efisiensi 0%, maka jarak optimal peletakan turbin didapatkan yaitu dengan jarak 10 cm

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febriani, W.M., 2021. "Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi Angin Exhaust Fan Dengan Pengaruh Jarak Turbin Angin Sumbu Horizontal Bilah Exhaust Fan". Jurnal Spektrum Vol 8 No 2 (2021). Diakses pada tanggal 18 November 2021

- [2] Chairany, P dan Sugiyanto, 2016. "Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Untuk Sistem Penerangan Perahu Nelayan". Jurnal Rekayasa Mesin: Diploma Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, UGM. Diakses pada tanggal 18 November 2021
- [3] Daniarsyah, Ardian, 2021. Diakses Pada Tanggal 18 November 2021. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) dan Cara Kerja, Dari <https://wira.co.id/pembangkit-listrik-tenaga-angin/>. Mengenal Anemometer, 2022. Diakses Pada Tanggal 10 Juli 2022,
- [4] Dharma, S dan Masherni, 2016 dalam penelitiannya yang berjudul "Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius. Turbo Vol. 5 No. 2. 2016 p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2477-250X. Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro Lampung. Diakses pada tanggal 18 November 2021
- [5] Mudiarta, I.M., 2020. Pemanfaatan Udara Buang Exhaust Fan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan Pengaruh Peletakan Jarak Turbin Vertikal Berbasis Atmega 2560 (Tugas Akhir). Bali: Program Studi Teknik Elektro, Universitas Udayana. Diakses pada tanggal 18 November 2021
- [6] Prastiko, Y.C., 2016. Uji Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Naca 0018 Modifikasi Dengan Variasi Sudut Pitch 350 ,400 ,450 ,500 ,550 ,600. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Diakses pada tanggal 18 November 2021. Diakses pada tanggal 18 November 2021
- [7] Hakim, L dan Rijanto, A, 2018 Studi Experimental Kinerja Turbin Angin Darrieus-Savonius (Ds) Pada Kecepatan Angin Rendah. Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI 2018: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Diakses pada tanggal 18 November 2021