

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANEN ENERGI ANGIN *EXHAUST FAN* TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DENGAN PENGARAH ANGIN (*WIND TUNNEL*)

Reki Aji Saputra¹, 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

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

ABSTRAK

Konsumsi energi di era sekarang semakin meningkat dan hanya berfokus kepada penggunaan energi tak terbarukan dalam hal ini energi fosil yaitu bahan bakar minyak yang jumlahnya terbatas dan harganya semakin meningkat. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan energi alternatif yang dapat diperbarui atau terbarukan antara lain energi air, energi surya, energi biomasa, energi angin dan lain-lain. Energi terbarukan yang sudah banyak digunakan sebagai energi listrik oleh negara-negara maju adalah energi angin, selain pemanfaatan energi angin alami sebagai energi alternatif, terdapat juga angin buatan yaitu hasil energi buangan (*waste energy*) dari *exhaust fan* dapat dimanfaatkan sebagai salah satu opsi sumber energi alternatif untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Karakteristik angin keluaran *exhaust fan* itu sendiri arah anginnya menyebar sehingga energi angin yang bisa ditangkap oleh turbin angin kurang optimal sehingga dibutuhkan adanya pemasangan *wind tunnel* yang berguna untuk mengarahkan atau memfokuskan sebaran angin tersebut. Pada penelitian ini telah dirancang *wind tunnel* yang ditempatkan diarah keluaran angin buangan *exhaust fan* turbin angin sumbu horizontal. Dengan penambahan *wind tunnel* dapat meningkatkan kecepatan angin dari 3,3 m/s menjadi 5,8 m/s atau naik sebesar 76% dan pemanen daya meningkat dari 0,38 Watt menjadi 0,96 Watt atau naik sebesar 153%.

Kata kunci : *Exhaust Fan*, PLTB, EBT, Energi Buangan (*Waste Energy*), Turbin Angin Horizontal, *Wind Tunnel*

ABSTRACT

Energy consumption in the current era is increasing and only focuses on the use of non-renewable energy in this case fossil energy, namely fuel oil which is limited in number and the price is increasing. One solution is to use alternative energy that can be renewed or renewable, including water energy, solar energy, biomass energy, wind energy and others. Renewable energy which has been widely used as electrical energy by developed countries is wind energy, in addition to the use of natural wind energy as alternative energy, there is also artificial wind, namely the waste energy from the exhaust fan can be used as a source of energy. an alternative energy source option for Wind Power Plant (WPP). The characteristics of the wind output from the exhaust fan itself spread the wind direction so that the wind energy that can be captured by the wind turbine is less than optimal, so it is necessary to install a wind tunnel that is useful for directing or focusing the wind distribution In this study, a wind tunnel has been designed which is placed in the direction of the exhaust wind output of the horizontal axis wind turbine exhaust fan. With the addition of a wind tunnel, it can increase the wind speed from 3.3 m/s to 5.8 m/s or an increase of 76% and power harvesters increase from 0.38 Watt to 0.96 Watt or an increase of 153%.

Key Words : *Exhaust Fan, Wind Power Plant (WPP), renewable energy, Waste Energy, Horizontal Wind Turbine, Wind Tunnel*

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia telah merumuskan mengenai Rencana Pengelolaan Energi Nasional (RUEN) yang merupakan rancangan penetapan dan pelaksanaan kebijakan energi di berbagai sektor untuk mencapai tujuan kebijakan energi nasional. Didalam rancangan tersebut, pemerintah berencana untuk meningkatkan kontribusi Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam pemenuhan target energi nasional menjadi 23 % di tahun 2025 dan meningkat menjadi 31% di tahun 2050. Berdasarkan hasil pemetaan, untuk memenuhi target bauran energi EBT, kapasitas pasokan pembangkit EBT diproyeksikan bisa mencapai sebesar 45,2 GW pada tahun 2025 dan 163,7 GW pada tahun 2050. Indonesia diperkirakan mempunyai potensi energi angin yang dapat membangkitkan listrik sebesar 9300 MW. Namun, dapat dikatakan bahwa penggunaan energi angin di Indonesia tergolong lambat. Hingga tahun 2020 PLTB baru terpasang sekitar 135 MW, dimana semuanya berada di provinsi Sulawesi selatan yaitu 75 MW di daerah Sidrap dan sebesar 60 MW di daerah Jeneponto. Sehingga pemanfaatan energi angin di Indonesia masih menjadi tantangan nasional [1].

Selain pemanfaatan energi angin alami, terdapat angin buatan yaitu hasil energi buangan (*waste energy*) dari *exhaust fan* sebagai salah satu opsi sumber energi alternatif untuk 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*

menghasilkan kecepatan angin yang stabil dan memiliki arah angin yang tetap jika dibandingkan dengan angin alami [3].

Wind tunnel adalah alat yang biasa dipakai dalam studi dinamika gas untuk mengetahui karakteristik aliran udara. *Wind tunnel* di PLTB berfungsi sebagai terowongan angin dari sumber keluaran angin menuju turbin angin sehingga akan mengurangi losses, dan meningkatkan kecepatan angin yang bisa ditangkap oleh turbin angin [4].

Pada penelitian ini dilakukan dengan membuat prototipe pembangkit listrik tenaga bayu tipe *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) memiliki tingkat efisiensi yang lebih optimal dari turbin angin tipe vertikal [5]. Pengujian dilakukan dengan sumber angin berasal dari energi buang *exhaust fan* dengan *wind tunnel* untuk mengarahkan angin. untuk menghasilkan energi listrik sehingga mendapatkan output maksimal dan potensial daya generator optimal serta minimalisasi kenaikan arus pada sumber *exhaust fan* akibat desain dan penambahan *wind tunnel*.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Jenis dan Karakteristik Angin

Energi angin di Pembangkit listrik, dibagi menjadi dua [6], yaitu :

1. Angin Alami, merupakan angin yang timbul dari pergerakan udara dari daerah bertekanan tinggi menuju daerah tekanan rendah. Peristiwa tersebut disebabkan oleh pemanasan yang tidak merata antara permukaan bumi dengan matahari. Udara yang lebih panas naik dan udara yang lebih dingin mengalir untuk menggantikan tempatnya. Memiliki karakteristik Kecepatan dinamis, tidak bisa diprediksi, tidak mudah diatur dan diarahkan.
2. Angin Buatan, merupakan angin yang timbul dari keluaran udara *exhaust fan*, kipas, blower dan

sejenisnya. Memiliki karakteristik kecepatan konstan, mudah diatur dan diarahkan.

2.2 Exhaust Fan

Exhaust Fan merupakan perangkat yang berfungsi memindahkan udara panas ke atmosfer. *Exhaust fan* biasanya dipasang pada kantor besar, bangunan dan industri yang biasanya terdapat beberapa *exhaust fan*. *Exhaust fan* menggunakan bilah yang digerakkan oleh motor untuk memaksa udara keluar melalui bilah *exhaust fan* [7]. *Exhaust fan* diletakkan diantara sisi dalam dan luar untuk menjaga sirkulasi udara di ruangan dimana udara hangat atau udara kotor dihembuskan keluar dan secara bersamaan udara segar dari luar ruangan masuk sehingga ruangan memiliki sirkulasi udara yang baik.



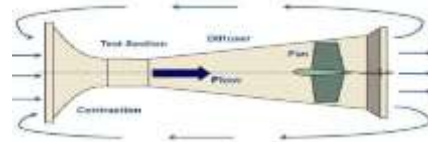
Gambar 1. Outlet Exhaust Fan Pada Industri [7].

2.3 Tipe Wind tunnel

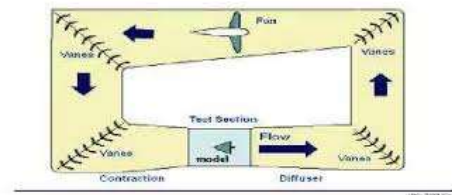
Ada dua tipe dasar *wind tunnel*. Pada Gambar 2 merupakan *wind tunnel* rangkaian terbuka. Setelah udara meninggalkan *Wind tunnel*, udara tersebut dihembuskan langsung ke udara bebas. Bila *wind tunnel* mengambil udara langsung dari atmosfer Seperti Gambar 3 maka termasuk *wind tunnel* rangkaian tertutup, serupa dengan namanya yang terakhir, udara yang telah keluar dari *Wind tunnel* diarahkan kembali untuk dimasukkan ke settling chamber [8].

Tipe *wind tunnel* yang akan dipergunakan di dalam penelitian ini yaitu tipe *wind tunnel* rangkaian terbuka disaat udara yang telah melewati tidak diarahkan

kembali tetapi akan langsung menuju udara bebas. Keuntungan dari cara ini yaitu lebih efisien dan dapat meminimalisir kerugian energi dan turbulensi.



Gambar 2. Wind tunnel Rangkaian Terbuka [8].



Gambar 3. Wind tunnel Rangkaian Tertutup [8].

2.4 Betz Limit

Nilai Betz Limit digunakan sebagai *coefficient power* (C_p) pada *turbin angin*, dimana *coefficient power* (C_p) menunjukkan rasio dari daya pada energi angin yang dapat diekstraksi oleh rotor *turbin angin*. Nilai *coefficient power* (C_p) dapat diartikan sebagai ukuran efisiensi daya pada turbin angin. Nilai *coefficient power* (C_p) dirumuskan sebagai berikut [9].

$$C_p = \frac{P}{P_0} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \rho \cdot A \cdot (v_1^2 - v_2^2)(v_1 + v_2)}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3} \quad (1)$$

Daya keluaran turbin dapat dinyatakan dengan persamaan berikut .

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

Sehingga torsi turbin dapat dinyatakan dengan persamaan berikut .

$$\tau = \frac{P_{out}}{\omega} \quad (3)$$

Dimana:

P_{out} : Daya keluaran turbin (Watt)

C_p : *Coefficient power*

P : Daya aktual yang dihasilkan turbin (Watt)

P_0 : Daya pada energi angin yang melalui suatu area penampang A (Watt)

τ : Torsi (Nm)

ω : Kecepatan anguler (rad/s)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Perancangan Model *Wind tunnel*

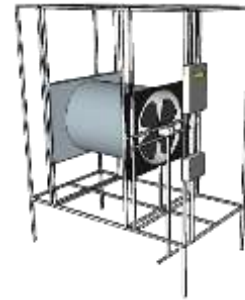
Perancangan model *wind tunnel* pada penelitian ini menggunakan *wind tunnel* rangkaian terbuka yang memiliki karakteristik aliran fluida laminar dengan panjang *wind tunnel* minimal 2 kali dari diameter *exhaust fan* untuk meminimalisir turbulen angin sisi *exhaust fan* dan turbin angin yang kemudian dimodifikasi menyesuaikan spesifikasi turbin angin horizontal yang digunakan pada penelitian ini, selanjutnya dilakukan pengukuran kecepatan angin maksimal yang dapat dihasilkan *exhaust fan* dengan bantuan air anemometer diperoleh 6,8 m/s, kecepatan angin tersebut bisa diartikan juga sebagai kecepatan sisi *inlet wind tunnel* dan panjang *wind tunnel* sebagai acuan dalam desain serta simulasi untuk mengetahui karakteristik kecepatan angin dan torsi yang didapatkan dengan perbedaan diameter outlet *wind tunnel* 50 cm, 40 cm, 30 cm dan 20cm yang melalui *wind tunnel* dengan bantuan Aplikasi Solidwork.

3.2 Pemodelan Prototipe

Perencanaan desain dari *wind tunnel* ini menggunakan bantuan *software* bernama *sketchup* yang dimana nantinya hasil perancangan *wind tunnel* akan dipasang seperti yang ditunjukkan pada perancangan berikut:



Gambar 4. Rancangan Prototipe dengan *wind tunnel*



Gambar 5. Rancangan Prototipe dengan *wind tunnel*

3.3 Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Workshop Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Jimbaran, Bali. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan November 2020 hingga bulan Mei 2021.



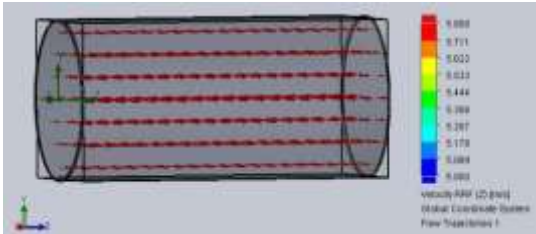
Gambar 6. Diagram Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

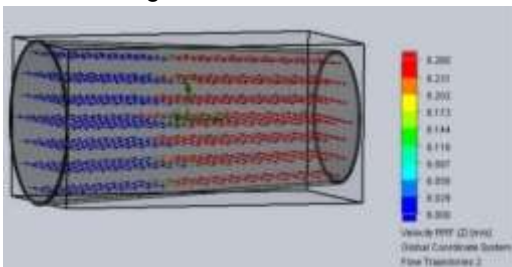
4.1 Hasil Simulasi *Solidwork* kecepatan angin dan potensi torsi turbin angin

4.1.1 Simulasi Kecepatan Angin

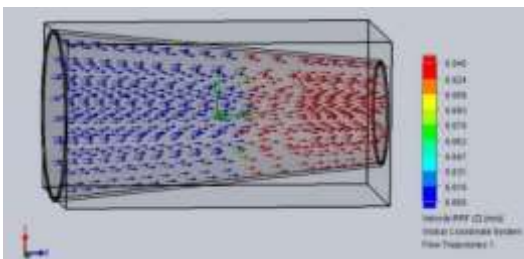
Simulasi dengan menggunakan bantuan *software Solidwork*, berikut hasil simulasi kecepatan angin dengan perbedaan diameter outlet mengecil (50, 40, 30, dan 20 cm) dengan memasukan kecepatan angin disisi *inlet* sebesar 6,8 m/s (kecepatan angin exhaust fan), ditunjukkan pada Gambar 7-10.



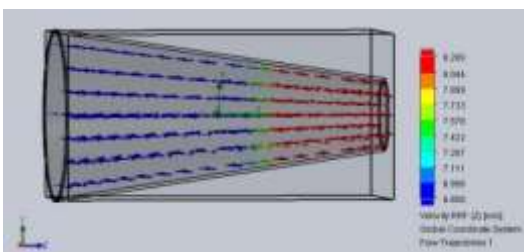
Gambar 7. Simulasi *Solidwork* Kecepatan angin berdiameter 50 cm



Gambar 8. Simulasi *Solidwork* Kecepatan angin berdiameter 40 cm



Gambar 9. Simulasi *Solidwork* Kecepatan angin berdiameter 30 cm



Gambar 10. Simulasi *Solidwork* Kecepatan angin berdiameter 20 cm

Dari hasil simulasi menggunakan *Solidwork* di atas didapatkan kecepatan

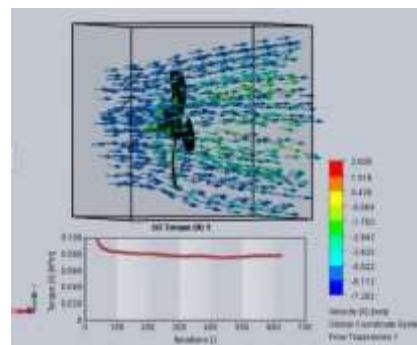
angin pada masing-masing outlet wind tunnel. Kecepatan angin pada outlet wind tunnel juga diukur secara manual menggunakan *Air Flow Anemometer*, yang hasilnya seperti dalam tabel 1 di bawah, walaupun ada perbedaan dengan hasil simulasi tetapi sangat kecil. Dari kedua metode ini didapatkan bahwa semakin kecil diameter outlet *wind tunnel* terjadi peningkatan kecepatan angin yang signifikan.

Tabel 1. Nilai Kecepatan Angin pada outlet *wind tunnel* Hasil Simulasi *Solidwork* dan pengukuran menggunakan *Air Flow Anemometer*

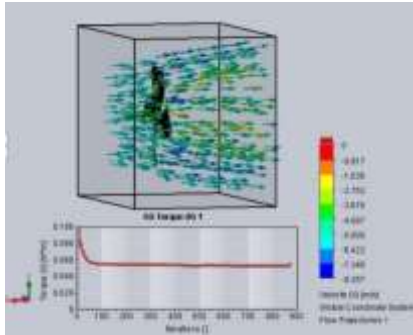
Diameter Outlet Wind Tunnel (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	
	Simulasi	<i>Air Flow Anemometer</i>
50	5,85	5,80
40	6,26	6,18
30	6,94	6,80
20	8,20	8,00

4.1.2 Simulasi Potensi Torsi Turbin Angin

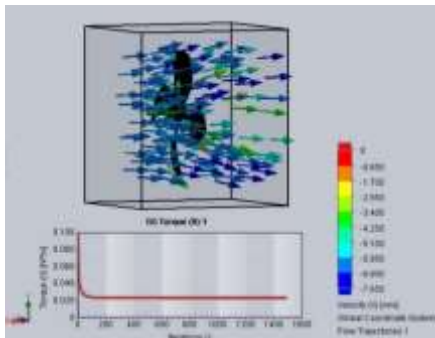
Potensi turbin angin didapatkan dengan simulasi *solidwork* pada masing-masing diameter outlet (50, 40, 30, dan 20 cm) dengan diameter turbin angin bersesuaian dengan diameter outlet. Hasil simulasi seperti dalam gambar 11 sampai 13. di bawah ini.



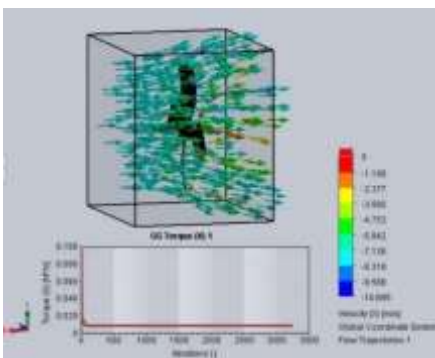
Gambar 11. Simulasi *Solidwork* Potensi Torsi Turbin Angin berdiameter 50 cm



Gambar 12. Simulasi Solidwork Potensi Torsi Turbin Angin berdiameter 40 cm



Gambar 13. Simulasi Solidwork Potensi Torsi Turbin Angin berdiameter 30 cm



Gambar 14. Simulasi Solidwork Potensi Torsi Turbin Angin berdiameter 20 cm

Potensi torsi turbin angin dan Rpm dicari dengan bantuan tools *flow simulation* pada *solidwork* dan didapatkan hasil seperti gambar 11-14 dan tabel 2.

Tabel 2. Hasil Nilai Torsi dan Rpm dari Simulasi Solidwork

Diameter Outlet Wind Tunnel (cm)	Diameter Turbin Angin (cm)	Kecepatan Putar Turbin (Rpm)	Torsi Turbin Angin (Nm)
50	50	1560	0,083

40	40	1819	0,053
30	30	2139	0,023
20	20	4306	0,010

Dari data pada Tabel 2 dapat dikatakan bahwa semakin besar diameter turbin angin maka torsi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Torsi maksimum pada diameter 50 cm sebesar 0,083 Nm.

Hasil simulasi desain *wind tunnel* menggunakan Solidwork menunjukkan hasil yang paling baik dengan diameter outlet 50 cm.

4.2 Hasil Perancangan Alat Uji

Pembuatan perancangan alat uji pada prototipe pemanen energi *exhaust fan* menggunakan turbin horizontal dengan *wind tunnel* terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu kontruksi alat pengujian, *wind tunnel*, turbin angin horizontal dan penopang *exhaust fan*. Hasil rancangan alat uji ini ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 15 sebagai berikut.

Tabel 3. Spesifikasi Alat uji

Panjang Kontruksi Pengujian (a)	143 cm
Tinggi Wahana (b)	145 cm
Lebar Kontruksi Pengujian (c)	63 cm
Tinggi Rangka Penopang <i>Wind tunnel</i> (d)	115 cm
<i>Wind tunnel Length</i> (e)	100 cm
<i>Diameter Inlet</i> (f)	50 cm
<i>Diameter Outlet</i> (g)	50 cm



Gambar 15. Hasil Perancangan Alat Uji

Kontruksi alat uji digunakan sebagai tempat pengujian peletakan turbin angin, *exhaust fan* dan *wind tunnel*. Perancangan kontruksi alat uji dibuat dengan menggunakan besi siku lubang,

dengan jarak antar lubang 5 cm. Besi siku lubang digunakan agar mempermudah perpindahan peletakan *exhaust fan* ke arah sumbu x.

Tabel 4. Spesifikasi Bilah

Jumlah Bilah	4 Bilah
Swept area (m ²)	49 cm
Tebal Bilah	1 mm
Panjang Bilah	21 cm
Diameter Hub	7 cm
Diameter Lubang Poros	0,9 cm
Panjang Poros	7,8 cm
Material	Metal



Gambar 16. Bilah Horizontal

Tabel 5. Spesifikasi Generator

Ket	Generator Type	Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)
a	Panjang Generator	10 cm
b	Lebar Generator	5 cm
c	Panjang Poros Generator	4,7 cm
d	Diameter Poros Generator	0,9 cm
e	RPM Generator	5000 RPM
f	Tegangan Generator	12 – 24 VDC
g	Daya Maksimum	36 W

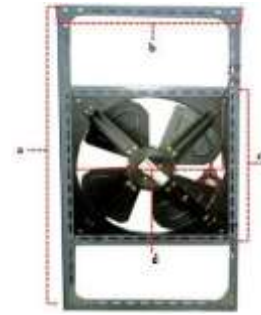


Gambar 17. Generator DC

Tabel 6. Spesifikasi dan Kontruksi *Exhaust fan*

a	Tinggi Kontruksi	115 cm
b	Lebar Kontruksi	63 cm
c	Panjang Sisi Pegangan	59 cm
d	Material Kontruksi	Besi Siku Lubang
e	Diameter <i>Exhaust fan</i>	52 cm
f	Daya <i>Exhaust fan</i>	350 W
g	Tegangan Motor	220 V

h	Model <i>Exhaust fan</i>	KRISBOW APK 50-A1
---	--------------------------	-------------------



Gambar 18. Realisasi Hasil Rancangan Kontruksi *Exhaust fan*

4.3 Analisa Pengaruh Pengaruh wind tunnel terhadap daya generator

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan daya yang dapat dipanen oleh turbin angin tanpa *wind tunnel* dan menggunakan *wind tunnel*.

Tabel 7. Kenaikan Kecepatan Angin, Putar Turbin dan Daya Output Generator

Kecepatan Angin (m/s)		Kenaikan (%)	Kecepatan Turbin (rpm)		Kenaikan (%)	Daya Output Generator (W)		Kenaikan (%)
Tanpa WT	Dengan WT		Tanpa WT	Dengan WT		Tanpa WT	Dengan WT	
3,3	5,8	76	546	1067	95	0,41	1,06	159

Tabel 8. Pemanen Daya Tanpa *Wind Tunnel*

Daya <i>Exhaust fan</i> Tanpa Turbin (W)	Daya <i>Exhaust fan</i> (W)	Daya Generator (W)	Kenaikan Daya <i>Exhaust fan</i> (W)	Pemanen Daya (W)
Tanpa <i>Wind Tunnel</i>	Tanpa <i>Wind Tunnel</i>	Tanpa <i>Wind Tunnel</i>		
156,41	156,44	0,41	0,03	0,38

Tabel 9. Pemanen Daya dengan *Wind Tunnel*

Daya <i>Exhaust fan</i> Tanpa Turbin (W)	Daya <i>Exhaust fan</i> (W)	Daya Generator (W)	Kenaikan Daya <i>Exhaust fan</i> (W)	Pemanen Daya (W)
Dengan <i>Wind Tunnel</i>	Dengan <i>Wind Tunnel</i>	Dengan <i>Wind Tunnel</i>		
156,41	156,51	1,06	0,10	0,96



Gambar 19. Perbandingan Pemanen Daya Tanpa *wind tunnel* dan dengan *wind tunnel*

Gambar 19 yang menunjukkan grafik pemanen daya dapat dianalisis bahwa daya yang dapat dipanen turbin angin dengan menggunakan *wind tunnel* memiliki nilai yang lebih tinggi dimana turbin angin dengan *wind Tunnel* dapat memanen daya sebesar 0,96 Watt sedangkan tanpa *wind tunnel* sebesar 0,38 Watt atau naik sebesar 153%.

4.4 Analisis Peningkatan Performa Penggunaan *Wind tunnel*

Peningkatan performa penggunaan *wind tunnel* dianalisis dengan melakukan perhitungan dengan parameter daya keluaran (watt) dan kecepatan putar turbin (rpm) terhadap turbin angin tanpa *wind tunnel*. Peningkatan performa penggunaan *wind tunnel* diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase Kenaikan} &= \frac{WT - \text{Tanpa WT}}{\text{Tanpa WT}} \times 100\% \\ &= \frac{1,06 \text{ W} - 0,41 \text{ W}}{0,41 \text{ W}} \times 100\% \\ &= 159\% \end{aligned}$$

Hasil perbandingan persentase kenaikan daya keluaran generator tanpa *wind tunnel* dan menggunakan *wind tunnel*, dapat dilihat bahwa Persentase peningkatan performa penggunaan *wind tunnel* sebesar 159%. Kecepatan angin (m/s) mengalami peningkatan sebesar 76% dan kecepatan putar turbin (rpm) mengalami peningkatan sebesar 94%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembuatan, pengujian dan hasil analisis pada penelitian yang

telah dilakukan mengenai rancang bangun sistem pemanen energi *exhaust fan* dengan turbin angin horizontal menggunakan *wind tunnel*, diperoleh kesimpulan bahwa *wind tunnel* yang ditambahkan pada arah angin turbin angin horizontal meningkatkan kecepatan angin dari 3,3 m/s menjadi 5,8 m/s atau naik sebesar 76% dan pemanen daya meningkat dari 0,38 Watt menjadi 0,96 Watt atau naik sebesar 153% .

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. https://p3tkebt.esdm.go.id/pilot-plan-project/energi_angin/potensi-energi-angin-indonesia-2020 Diakses pada 5 Mei 2021
- [2] Wen Tong, Chong, Poh Sin Chew, dkk. (2011). Exhaust Air and Wind Energy Recovery System for Clean Energy Generation. Singapore: International Conference on Environment and Industrial Innovation. Vol 12.
- [3] Tresnajaya, M.S. 2020. "Pemanfaatan Udara Buang Exhaust Fan Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Dengan Penambahan Wind tunnel Berbasis Atmega 2560" (Skripsi), Denpasar: Universitas Udayana.
- [4] Wardhana, Y.G, Partha, C.G.I, Sukerayasa, I.W. 2021. Pemanfaatan Udara Buang Exhaust Fan Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Dengan Pengaruh Penambahan Honeycomb Berbasis Atmega 2560 . Jurnal Spektrum Vol. 8, No.1 Maret 2021.
- [5] Jazuli Fadil, Soedibyo, M. Ashari. 2017. Performance Comparison of Vertical Axis and Horizontal Axis Turbin engines to Get Optimum Power Output. International Symposium on Electrical and Computer Engineering.
- [6] Sayoga. I Made Adi, Wiratama. I Kadek, Mara. I Made, Catur. Agus Dwi. (2014). Pengaruh Variasi

Jumlah Blade Terhadap Aerodinamik Performan pada Rancangan Kincir Angin 300 Watt. Mataram: Teknik Mesin, Universitas Mataram.

- [7] Hiremath, H.M, Abhishek, M., Anitha, D.J., Sounjanya, E.M., Ravindra M.P. 2018. *Generation Of Electricity From Exhausted Air.* International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Vol: 05.
- [8] Klasifikasi Wind Tunnel
http://eprints.undip.ac.id/46939/3/BA_B_II.pdf .
Diakses pada 20 Oktober 2020
- [9] Manwell. J.F, McGowan. J.G. (2019). *Wind Energy Explained : Theory, Design, and Application Second Edition.* A John Wiley and Sons, Ltd, Publication.