

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

Edyama Vasabri Genta Maulana¹, I Wayan Sukerayasa², Cok Gede Indra Partha²

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : gentamaulana@student.unud.ac.id¹, sukerayasa@unud.ac.id², cokindra@unud.ac.id³

ABSTRAK

Pemanfaatan energi buangan (*waste energy*) dari energi angin buangan *exhaust fan* perlu dioptimalkan mengingat terdapat potensi besar dimana *exhaust fan* banyak digunakan pada sektor industri. Angin buangan dari *exhaust fan* dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik dengan turbin angin horizontal. Karakteristik angin buangan *exhaust fan* yang menyebar dan memiliki kecepatan sedang hingga rendah, perlu dilakukan optimalisasi untuk mendapatkan energi angin yang maksimal dari *exhaust fan*, salah satunya adalah penambahan *diffuser* yang dapat meningkatkan performa turbin angin dengan cara pemfokusan angin disekitar rotor. Perancangan *diffuser* dilakukan dengan aplikasi *AutoDesk Inventor* dan dilakukan simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*) dengan aplikasi *SolidWorks*. Hasil penelitian menunjukkan, penggunaan *diffuser* pada turbin angin horizontal dapat menaikkan daya turbin angin hingga 47,61% dan meningkatkan kecepatan putar turbin (rpm) hingga 23,48% dibandingkan turbin angin tanpa *diffuser*.

Kata kunci : Energi angin, Exhaust Fan, Turbin Angin, Diffuser

ABSTRACT

Utilization of waste energy from exhaust fan air needs to be optimized considering there is great potential where exhaust fan is widely used in the industrial sector. Exhaust wind from exhaust fan can be utilized to generate electricity with horizontal wind turbine. The characteristics of exhaust energy from exhaust fan that spreads and has medium to low speed, therefore its requires an optimization to get maximum wind energy from exhaust fan, one of them by the addition of a diffuser that can increase the performance of wind turbines by focusing the wind around the rotor. Designing diffuser conducted using AutoDesk Inventor and simulation CFD (Computational Fluid Dynamic) with SolidWorks. The results of this study indicate, horizontal wind turbine with diffuser can increase wind turbine power up to 47.61% and increase turbine rotational speed (rpm) up to 23.48% compared to wind turbines without a diffuser.

Key Words : Wind Energy, Exhaust Fan, Wind Turbine, Diffuser

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan energi primer yang memegang peranan penting dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan data Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) 2019 s.d 2028, pertumbuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia selama lima tahun (2014-2018) tumbuh rata-rata 4,62 % per tahun [1]. Berdasarkan data dari Buku Statistik PLN tahun 2019, kelompok pelanggan Industri mengkonsumsi

77.878,65 GWh (31,72%), Rumah Tangga 103.733,43 GWh (42,25%), Bisnis 46.901,25 GWh (19,10%), dan Lainnya (penerangan jalan umum, gedung pemerintah, dan sosial) 17.004,83 GWh (6,92%) dari total konsumsi energi nasional [2]. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa sektor industri merupakan sektor terbesar kedua setelah rumah tangga dalam besaran konsumsi energi listrik nasional.

Dalam upaya efisiensi energi pada sektor industri, melalui PP No. 70/2009 tentang konservasi energi yang memuat

ketentuan mengenai penggunaan sumber energi yang tepat melalui identifikasi peluang penghematan energi dan pemanfaatan energi yang efisien dan rasional [3]. Kemudian terdapat Peraturan Menteri (Permen) ESDM No. 14 tahun 2012 mengenai penerapan sistem manajemen energi sebagai upaya pelaksanaan efisiensi energi pada sektor industri dan bangunan komersial [4]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menghilangkan buangan energi atau memanfaatkan energi buangan (*waste energy*). Energi buangan yang dapat dimanfaatkan salah satunya adalah energi angin buangan dari *exhaust fan* dimana *exhaust fan* banyak digunakan pada sektor industri yang memiliki banyak selubung udara *exhaust fan*.

Pemanfaatan udara buang pada *exhaust fan* untuk pembangkit listrik dapat diimplementasikan secara optimal dengan menempatkan turbin angin berhadapan dengan udara buangan *exhaust fan* dimana kecepatan angin yang dihasilkan stabil, dan memiliki arah angin yang tetap jika dibandingkan dengan angin alami [5]. Turbin angin yang digunakan merupakan turbin angin horizontal, dimana turbin angin tipe horizontal memiliki efisiensi yang lebih tinggi dari turbin angin tipe vertikal [6]. Dalam upaya meningkatkan efisiensi turbin angin, dilakukan penambahan selubung angin *diffuser* pada turbin angin horizontal. Penggunaan *diffuser* pada turbin angin horizontal di sekitar rotor dapat meningkatkan kecepatan aliran angin di pada ujung rotor sehingga putaran rotor semakin meningkat dan daya yang dihasilkan juga meningkat serta penggunaan *diffuser* memiliki keuntungan dimana daya maksimum teoritis tidak dibatasi oleh teori Betz Limit [7].

Penggunaan *diffuser* dapat menjadi solusi dalam peningkatan performa dari turbin angin horizontal skala mikro dengan kecepatan angin rendah hingga menengah [8].

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro, Kampus Jimbaran, Universitas Udayana. Turbin angin yang digunakan adalah turbin angin horizontal yang sama dengan bilah *exhaust fan*. Penelitian difokuskan pada pengaruh penambahan *diffuser* pada turbin angin horizontal dengan membandingkan kecepatan putar turbin dan daya keluaran dari turbin angin dengan *diffuser* dan tanpa *diffuser*.

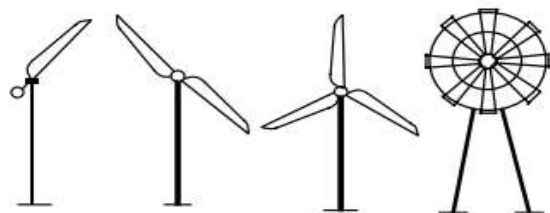
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Energi Angin

Energi angin merupakan pergerakan massa udara pada atmosfer yang disebabkan oleh berbagai penyebab. Salah satu penyebab utama adalah tidak meratanya radiasi matahari yang terdapat pada permukaan bumi, dimana radiasi matahari diserap oleh permukaan bumi dan kembali ke atmosfer karena permukaan bumi yang tidak homogen (tanah, air, gurun, hutan, dsb), penyerapan energi matahari menjadi bervariasi dan bergantung pada geografis. Penyerapan energi matahari yang tidak merata ini menghasilkan perbedaan suhu, kepadatan dan tekanan pada atmosfer sehingga dapat menggerakkan massa udara dari satu titik ke titik lain dimana energi angin mengalir dari kondisi tekanan tinggi menuju tekanan yang rendah [9].

2.2 Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

Turbin angin jenis horizontal memiliki konsep seperti *propeller*, dimana *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) rotornya berotasi terhadap sumbu horizontal dan hampir sejajar dengan aliran angin. Keunggulan dari turbin jenis ini adalah memiliki nilai koefisien daya yang relatif tinggi, kecepatan rotor dan daya *output* dapat dikontrol dengan mengontrol *pitch* pada bilah rotor, bentuk bilah dapat dioptimalkan secara aerodinamis dan dapat mencapai efisiensi tertinggi saat *lift* aerodinamis dieksploitasi secara maksimal [9].



Gambar 1. Turbin Angin Horizontal [10]

2.3 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* [11].



Gambar 2. Outlet Exhaust Fan Pada Industri [11]

Exhaust fan diletakkan diantara *indoor* dan *outdoor* untuk menjaga sirkulasi udara didalam ruangan dimana udara didalam ruangan dihisap atau dibuang keluar melalui *exhaust fan* dan udara sejuk dari luar ruangan menggantikan udara dalam ruangan [12].

2.4 Konversi Energi Angin

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 [13].

Energi kinetik dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut [13].

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

Wind power dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [13].

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

Dimana m merupakan laju aliran massa yang memiliki persamaan sebagai berikut [13].

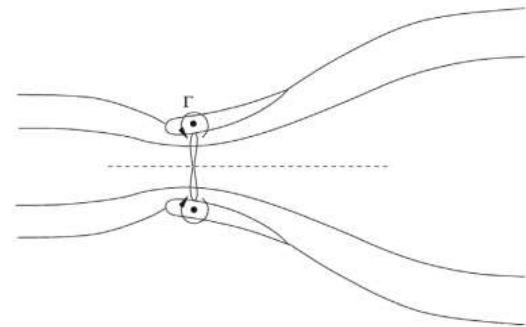
$$m = \rho \cdot A \cdot v \quad (3)$$

Sehingga *wind power* dapat dinyatakan sebagai daya yang melalui penampang dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut [13].

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

2.5 Diffuser

Diffuser merupakan selubung angin yang dapat meningkatkan efisiensi pada turbin angin tipe horizontal. *Diffuser* bertujuan untuk menangkap lebih banyak energi angin sehingga penggunaan *diffuser* dapat meningkatkan kecepatan angin yang melalui rotor dan meningkatkan daya *output* pada turbin angin. Dengan adanya *diffuser*, koefisien daya dapat melebihi nilai Betz limit yaitu sebesar $C_p = 0.66$ [9].



Gambar 3. Aliran Ideal yang Melewati Turbin Angin dengan *Diffuser* [14]

Diffuser atau objek berogga yang dialiri fluida aliran bebas (*freestream*) akan mengalami salah satu dari tiga macam efek yaitu menghisap aliran udara, menolak aliran, dan tidak terdapat tolakan. Pada *diffuser*, angin mengalir ke selubung atau menghirup udara dari *inlet*. Fenomena menghisap aliran udara dapat terjadi ketika tekanan udara di dalam *diffuser* lebih rendah daripada tekanan udara bebas (*freestream*) sehingga aliran udara mengalir ke tekanan udara yang lebih rendah sehingga aliran udara seakan-akan terhisap melalui bagaian dalam *diffuser* [15].

3. METODOLOGI PENELITIAN

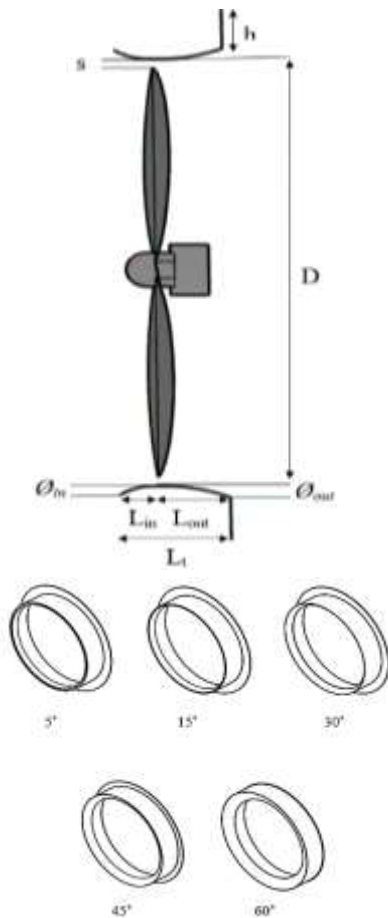
3.1 Perancangan *Diffuser*

Perancangan geometri *diffuser* merujuk pada geometri *diffuser* rancangan Yuji Ohya dan Takashi Karasudani tahun 2010, jenis *Compact Brimmed Diffuser* yang kemudian dimodifikasi menyesuaikan spesifikasi turbin angin yang digunakan pada penelitian ini. Perancangan *diffuser* dilakukan pada aplikasi *Autodesk Inventor* dan dilakukan modifikasi pada bagian *inlet*

angle diffuser. Spesifikasi *diffuser* yang dirancang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Perancangan *Diffuser*

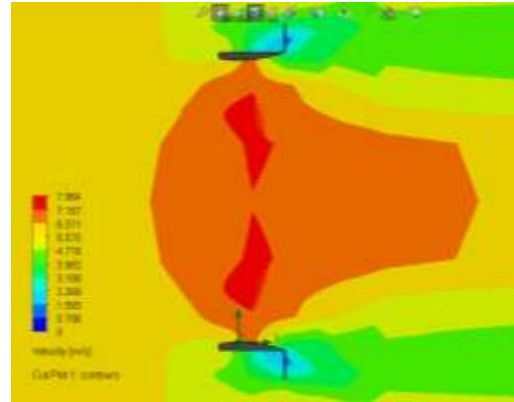
Throat Diameter (D)	510 mm
Brim Height (h)	51 mm (0,1 D)
Diffuser Length (L_t)	150 mm (0,294 D)
Inlet Length (L_{in})	40 mm (0,266 L_t)
Outlet Length (L_{out})	110 mm (0,733 L_t)
Inlet Angle (ϕ_{in})	5°, 15°, 30°, 45°, 60°
Diffuser Angle (ϕ_{out})	10°
Tip Clearance (s)	10 mm



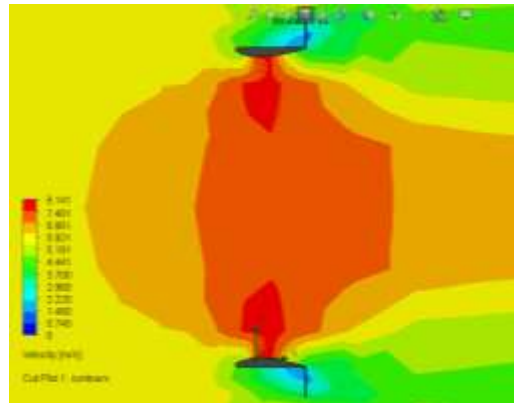
Gambar 4. Model Perancangan *Diffuser*

3.2 Simulasi Model *Diffuser*

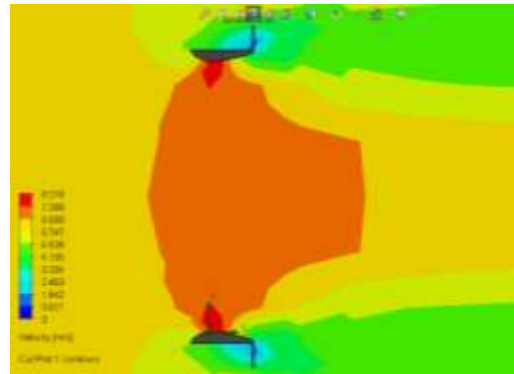
Simulasi model *diffuser* dilakukan pada aplikasi *Solidwork* dengan menggunakan fitur CFD (*Computational Fluid Dynamics*) untuk mengetahui karakteristik kecepatan angin yang melalui *diffuser*. Hasil dari simulasi CFD ditunjukkan pada gambar berikut.



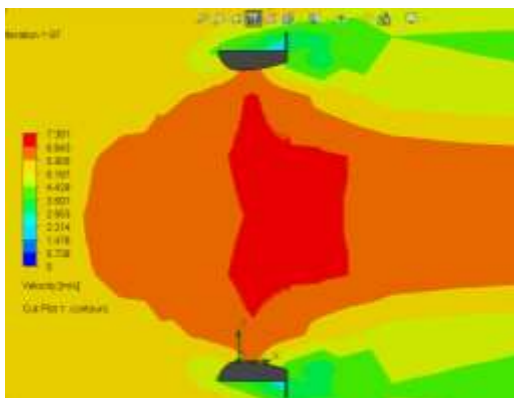
Gambar 5. Hasil Simulasi Sudut *Inlet* 5°



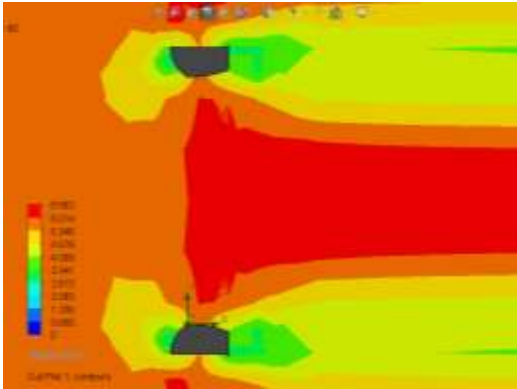
Gambar 6. Hasil Simulasi Sudut *Inlet* 15°



Gambar 7. Hasil Simulasi Sudut *Inlet* 30°



Gambar 8. Hasil Simulasi Sudut *Inlet* 45°

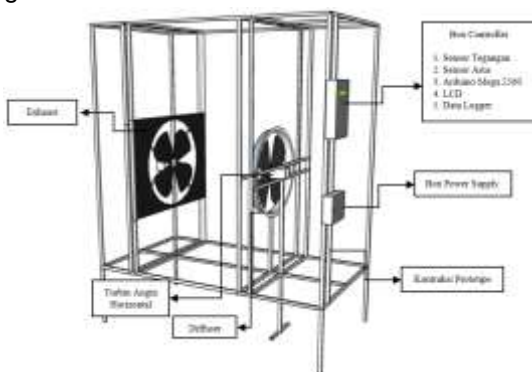


Gambar 9. Hasil Simulasi Sudut *Inlet* 60°

Diffuser yang digunakan pada pengujian dipilih berdasarkan hasil simulasi dengan kecepatan yang optimal menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Dari hasil simulasi, didapatkan sudut *inlet* 15° memiliki kecepatan angin yang optimal dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 7.401 m/s yang dapat melingkupi bilah turbin. Sehingga *diffuser* yang akan digunakan pada pengujian adalah *diffuser* dengan sudut *inlet* 15°.

3.3 Pemodelan Prototipe

Pemodelan perancangan prototipe pemanfaatan udara buang *exhaust fan* menggunakan turbin horizontal dengan *diffuser* yang diusulkan ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 10. Pemodelan Prototipe

Berikut adalah penjelasan dari pemodelan yang dirancang.

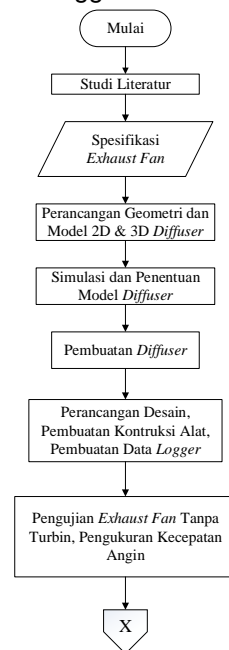
1. Kontruksi *prototipe* menggunakan besi lubang.
2. *Exhaust fan* sebagai sumber energi angin dan turbin horizontal yang dilengkapi dengan *diffuser* akan berputar akibat udara buang dari *exhaust fan* dan menggerakkan rotor

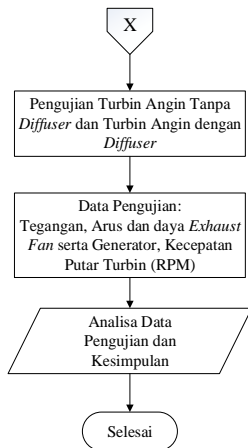
pada generator sehingga menghasilkan energi listrik.

3. Sensor arus, sensor tegangan dan sensor kecepatan putaran turbin akan bekerja serta untuk rangkaian data *logger* akan menyimpan waktu dan data - data hasil pengukuran tersebut.
4. Peletakkan turbin akan mempengaruhi *output* generator, turbin angin diletakkan menghadap *exhaust fan* untuk mendapatkan energi buang angin yang optimal. Jarak turbin juga mempengaruhi *output* generator serta performa kerja dari *exhaust fan*, semakin dekat jarak turbin terhadap *exhaust fan* maka energi yang dihasilkan oleh generator semakin tinggi namun performa *exhaust* akan semakin menurun akibat udara buang yang terhalang oleh turbin sehingga *exhaust fan* mengalami kenaikan arus. Sehingga pada penelitian ini juga diatur jarak dari turbin untuk mendapatkan *output* dan performa yang sesuai.

3.4 Diagram Alur Penelitian

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





Gambar 11. Diagram Alur Penelitian



Gambar 14. Hasil Perancangan Alat Uji
Tabel 2. Spesifikasi Kontruksi Alat Uji

a	Panjang Kontruksi	143 cm
b	Lebar Kontruksi Pengujian	63 cm
c	Tinggi Wahana	145 cm
d	Tinggi Penopang Diffuser	115 cm

Penjelasan spesifik mengenai turbin angin horizontal adalah sebagai berikut:

1) Turbin Angin Horizontal

Bilah yang digunakan pada turbin angin horizontal mengikuti spesifikasi bilah pada *exhaust fan*. Berikut spesifikasi bilah, generator serta gambar model turbin angin horizontal yang digunakan.



Gambar 15. Bilah Horizontal
Tabel 3. Spesifikasi Turbin Angin

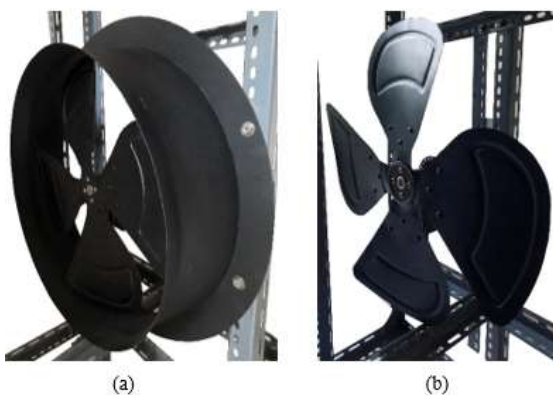
Jumlah Bilah	4 Bilah
<i>Swept area</i>	49 cm
Material Bilah	<i>Metal</i>
<i>Generator Type</i>	PMSG
RPM Generator	5000 RPM
Tegangan Generator	2,8 – 24 VDC
Daya Maksimum	36 W



Gambar 12. Hasil Perancangan Diffuser

4.2 Hasil Perancangan Alat Uji

Pembuatan perancangan alat uji pada prototipe pemanen energi *exhaust fan* menggunakan turbin horizontal dengan *diffuser* ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 13. (a) Turbin Angin dengan Diffuser, (b) Turbin Angin Tanpa Diffuser.

4.3 Analisa Daya Output Generator dan Performa Exhaust Fan Tanpa Diffuser dan Menggunakan Diffuser

Pada analisa ini dilakukan perhitungan daya yang dapat dipanen yang diperoleh dari perbandingan daya yang dihasilkan oleh generator dari setiap variasi jarak terhadap kenaikan daya exhaust fan. Berikut adalah perhitungan daya yang dapat dipanen oleh turbin angin tanpa diffuser dan menggunakan diffuser.

Kenaikan Daya Exhaust Fan =

$$\begin{aligned} \text{Daya Exhaust fan} - \text{Daya Exhaust fan Tanpa Turbin} \\ = 158,60 \text{ W} - 156,41 \text{ W} \\ = 2,19 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pemanen Daya} &= \text{Daya Generator} \\ &\quad - \text{Kenaikan Daya Exhaust Fan} \\ &= 2,42 \text{ W} - 2,19 \text{ W} \\ &= 0,23 \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh tabel pemanen daya baik tanpa diffuser dan menggunakan diffuser pada setiap variasi jarak.

Tabel 4. Pemanen Daya tanpa Diffuser

Jarak (cm)	Daya Exhaust fan Tanpa Turbin (W)	Daya Exhaust fan (W)	Daya Generator (W)	Kenaikan Daya Exhaust fan (W)	Pemanen Daya (W)
		Tanpa Diffuser	Tanpa Diffuser		
10	156,41	158,60	2,42	2,19	0,23
20		156,80	1,50	0,38	1,12
30		156,57	1,06	0,15	0,91
40		156,44	0,76	0,02	0,74
50		156,43	0,61	0,01	0,60

Tabel 5. Pemanen Daya Menggunakan Diffuser

Jarak (cm)	Daya Exhaust fan Tanpa Turbin (W)	Daya Exhaust fan (W)	Daya Generator (W)	Kenaikan Daya Exhaust fan (W)	Pemanen Daya (W)
		Diffuser	Diffuser		
10	156,41	158,57	3,03	2,16	0,87
20		156,74	2,14	0,33	1,81
30		156,50	1,56	0,09	1,48
40		156,45	1,07	0,03	1,04
50		156,43	0,80	0,01	0,79

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, menunjukkan beberapa parameter untuk

menentukan nilai daya yang dapat dipanen baik tanpa diffuser dan menggunakan diffuser. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa semakin dekat jarak pengujian didapatkan daya exhaust fan tanpa diffuser dan daya generator semakin meningkat. Kenaikan daya exhaust fan didapat dengan melakukan pengurangan daya exhaust fan tanpa diffuser atau dengan diffuser terhadap daya exhaust fan tanpa turbin sedangkan daya yang dapat dipanen diperoleh dari pengurangan daya generator terhadap nilai kenaikan daya exhaust fan.



Gambar 16. Grafik Pemanen Daya

Gambar 16 yang menunjukkan grafik pemanen daya dapat dianalisis bahwa daya yang dapat dipanen turbin angin dengan menggunakan diffuser memiliki nilai yang lebih tinggi pada setiap jarak daripada turbin angin tanpa diffuser. Daya yang dapat dipanen paling optimal terdapat pada jarak 20 cm dimana turbin angin dengan diffuser dapat memanen daya sebesar 1,81 W sedangkan tanpa diffuser sebesar 1,12 W.

4.4 Analisis Peningkatan Performa Penggunaan Diffuser

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

$$\begin{aligned} \text{Persentase Kenaikan} &= \frac{\text{Diffuser} - \text{Tanpa Diffuser}}{\text{Tanpa Diffuser}} \times 100\% \\ &= \frac{3,03 \text{ W} - 2,42 \text{ W}}{2,42 \text{ W}} \times 100\% \\ &= 25,14\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan persentase kenaikan dengan cara yang sama, diperoleh persentase kenaikan daya (watt) pada setiap jarak sebagai berikut.

Tabel 6. Peningkatan Performa Daya

Jarak (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Generator (W)		Persentase Kenaikan (%)
		Tanpa Diffuser	Diffuser	
10	6,8	2,42	3,03	25,14
20	6,19	1,50	2,14	42,82
30	5,78	1,06	1,56	47,61
40	5,32	0,76	1,07	41,16
50	4,97	0,61	0,80	31,22

Tabel 6 menunjukkan perbandingan persentase kenaikan daya keluaran generator tanpa *diffuser* dan menggunakan *diffuser*, dapat dilihat bahwa pada jarak 50 cm hingga 30 cm terjadi peningkatan persentase kenaikan daya. Kemudian pada jarak 30 cm hingga 10 cm terjadi penurunan persentase kenaikan daya.

Pada jarak 30 cm hingga 50 cm dimana performa *diffuser* didapatkan meningkat dikarenakan pada pengujian jarak 30 cm angin buangan *exhaust fan* masih belum menyebar secara signifikan dibandingkan dengan jarak 40 cm dan 50 cm sehingga daya keluaran pada jarak 30 cm lebih tinggi dari kedua jarak tersebut dan pada jarak 30 cm, 40 cm, dan 50 cm, *brim* pada *diffuser* dapat menghasilkan *vortex* pada *downstream zone* sehingga memberikan efek menghisap dimana hal tersebut dapat meningkatkan kecepatan angin di dalam *diffuser* [16] atau dapat meningkatkan aliran udara yang melalui rotor.

Pada jarak 10 cm dan 20 cm dimana kecepatan angin tersebut tergolong kecepatan angin sedang, performa *diffuser* mengalami penurunan dikarenakan *diffuser* bekerja maksimal pada kecepatan angin rendah [15] dan pada kedua jarak tersebut *brim* pada *diffuser* tidak menghasilkan *vortex* secara maksimal karena angin buangan *exhaust fan* yang langsung tertuju pada rongga dalam *diffuser* sehingga efek hisap aliran udara di dalam *diffuser* lebih rendah daripada efek hisap yang dihasilkan oleh *vortex diffuser* pada jarak 30 cm

sehingga daya keluaran turbin lebih rendah dari jarak 30 cm. Selain itu, performa *inlet diffuser* pada jarak 50 cm hingga 20 cm dapat bekerja secara maksimal dengan mengarahkan angin buangan *exhaust fan* yang menyebar pada rotor sedangkan pada jarak 10 cm dimana angin buangan *exhaust fan* yang langsung berhadapan dengan *diffuser* dan tidak adanya angin buangan yang menyebar sehingga fungsi *inlet* pada *diffuser* tidak bekerja secara maksimal di jarak 10 cm, hal tersebut yang menyebabkan performa *diffuser* pada jarak 10 cm mengalami penurunan yang signifikan dengan persentase peningkatan performa sebesar 25,14%.

Persentase kenaikan kecepatan putar turbin (rpm) ditunjukkan pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Peningkatan Kecepatan Putar

Jarak (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (RPM)		Persentase Kenaikan (%)
		Tanpa Diffuser	Diffuser	
10	6,8	1579,20	1816,12	15,00
20	6,19	1232,64	1432,73	16,23
30	5,78	1067,03	1229,30	15,21
40	5,32	872,17	1055,54	21,02
50	4,97	788,53	973,64	23,48

Tabel 7 dapat dianalisis bahwa kecepatan putar turbin (rpm) baik tanpa *diffuser* dan menggunakan *diffuser* didapatkan mengalami peningkatan seiring meningkatnya kecepatan angin pada setiap jarak pengujian. Penggunaan *diffuser* pada turbin angin dapat meningkatkan aliran udara pada bilah turbin sehingga kecepatan angin yang melalui bilah turbin dapat meningkat [7], hal tersebut mengakibatkan kecepatan putar turbin (rpm) dengan *diffuser* pada setiap jarak didapatkan lebih tinggi daripada kecepatan putar turbin (rpm) tanpa *diffuser*. Peningkatan tertinggi didapat pada jarak 50 cm dengan persentase kenaikan sebesar 23,48% dan peningkatan terendah pada jarak 10 cm dengan persentase kenaikan sebesar 15%.

5. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan mengenai rancang bangun sistem pemanen energi *exhaust fan* dengan turbin angin horizontal menggunakan *diffuser*, menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Energi angin buangan dari *exhaust fan* dapat dipanen menggunakan turbin angin horizontal untuk membangkitkan energi listrik.
2. Jarak peletakkan ideal sistem pemanen energi baik tanpa *diffuser* dan menggunakan *diffuser* diperoleh pada jarak 20 cm dimana turbin angin tanpa *diffuser* mampu memanen energi sebesar 1,13 W sedangkan turbin angin dengan *diffuser* mampu memanen energi sebesar 1,82 W.
3. Penggunaan *diffuser* pada turbin angin horizontal dapat menaikkan daya turbin angin hingga 47,61% dan meningkatkan kecepatan putar turbin (rpm) hingga 23,48% dibandingkan turbin angin tanpa *diffuser*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero). 2019. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) 2019-2028. Jakarta.
- [2] PT. PLN (Persero). 2019. *Buku Statistik PLN 2019*. Jakarta.
- [3] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2019. *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019 – 2038*. Jakarta.
- [4] Dewan Energi Nasional (DEN). 2020. *Bauran Energi Nasional 2020*. Jakarta.
- [5] 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.
- [6] J. Fadil, Soedibyo, M. Ashari. 2017. *Performance comparison of vertical axis and horizontal axis wind turbines to get optimum power output.*: IEEE International Symposium on Electrical and Computer Engineering. pp. 429-433.
- [7] Siavash, N.K, Najafi, G., Tavakoli,T., Ghobadian, B., Mahmood, E. 2017. *An Investigation on Performance of Shrouding a Small Wind Turbine with a Simple Ring in a Wind Tunnel*. *JREE*. Vol. 4: No. 4
- [8] Ahmed, B, Ahmed, A., Hussain, A. 2016. *Modeling and Simulation of Diffuser Augmented Wind Turbine*. 4th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development 2016.
- [9] Hau, E. 2013. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics Third, translated edition*. Munich: Elsevier.
- [10] Mathew, S. 2006. *Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Berlin: Springer
- [11] 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.
- [12] Ferdiansyah, I, Dirhamsyah, Ardiansyah. 2017. *Pemodelan Sistem Kontrol Exhaust fan Terintegrasi Gas Detector CO Pada Kamar Pompa (Pump Room) Kapal Tanker*. *KAPAL*, Vol. 13: No.2.
- [13] Letcher, T.M. 2017. *Wind Energy Engineering A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*. London: Elsevier.
- [14] Hansen, O.L.H. 2015. *Aerodynamics of Wind Turbines Third edition*. Oxon: Routledge
- [15] Ohya, Y, Karasudani, T. 2010. *A Shrouded Wind Turbine Generating High Output Power with Wind-lens Technology*. *Energies*. 3: 634-649.
- [16] Y. Klistafani, M.I. Mukshen, G. Bangga. 2018. *Assessment of Various Diffuser Structures to Improve the Power Production of a Wind Turbine*

Rotor. Technische Mechanik, vol. 38,
issue 3, pp. 256-266.