

SIMULASI PENGARUH VARIASI JUMLAH BLADE TURBINE TERHADAP SISTEM DIFFUSER AUGMENTED WIND TURBINE

Qurais, I Kadek Wiratama, I GNK Yudhyadi.

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jln. Majahpahit No. 62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos : 83125, Telp. (0370) 636087 ; 636126 ; ext 128 Fax (0370) 636807.

ABSTRACT

The development of the Diffuser Augmented Wind Turbine (DAWT) concept continues to be carried out to increase the power output. Increased power on DAWT technology was caused by increased speed of wind flow in the diffuser so the power of the rotor on the variations of wind speed can be significantly increased. Increased wind speed in diffuser can also increase the electrical power for the relatively small-sized turbine.

In this study carried out by simulation method used the Autodesk CFD 2016 software which aims to find out the variation of the total number of turbine blades on the diffuser augmented wind turbine system towards the increase of the wind speed and wind turbine rotor power. Variations were made on the number of turbine blades and input wind speed on the inlet wall from boundary condition 3 m / s - 16 m / s.

As a result of this study showed that the distribution of the increase in entrance wind speed from the diffuser augmented wind turbine was located in variations of 5 turbine blades with input speed 3 m/s produces 4.6 m/s wind speed of input and 16 m/s wind speed values produce entrance of 24.6 m/s. The results also showed that the best wind turbine rotor power was on the diffuser augmented wind turbine with variations of 3 blades turbine at entrance wind speed of 4.5 m / s at 13.125 Watt and the wind speed entrance 24.3 m / s obtained a value of 840,863 Watt.

Keywords : *diffuser augmented wind turbine, computational fluid dynamics, wind turbin power, wind speed.*

PENDAHULUAN

Energi merupakan bagian penting dalam kehidupan karena hampir seluruh aktivitas manusia membutuhkan energi. Meningkatnya kebutuhan manusia terhadap sumber energi konvensional atau energi berbahan bakar fosil mengakibatkan terjadinya krisis energi diberbagai negara. Energi bahan bakar fosil yaitu energi tak terbarukan (*non-renewable*) yang ketersediannya mulai terbatas. Pemanfaatan energi baru terbarukan (*renewable*) dapat menjadi salah satu

solusi pemecah keterbatasan energi berbahan bakar fosil.

Energi baru terbarukan (*renewable*) atau disebut juga sebagai sumber energi nonkonvensional yang dikembangkan untuk mengganti penggunaan energi berbahan bakar fosil seperti energi matahari, energi panas bumi, energi pasang surut, energi biogas, energi biomassa dan energi angin. Ketersediaan energi angin telah menjadi fokus dalam berbagai penelitian untuk mendapatkan energi listrik sebagai pemanfaatan energi angin di Indonesia. Salah satu pemanfaatan energi

angin ialah dengan pengembangan berbagai desain teknologi turbin angin.

Teknologi turbin angin didesain untuk digunakan di daerah sub-tropis yang memiliki kecepatan angin sampai 10 m/s. Oleh karena itu, untuk memanfaatkan energi angin di Indonesia diperlukan usaha yang lebih efektif. Hingga saat ini, salah satu cara untuk mendapatkan daya yang optimal diperlukan kecepatan putar rotor turbin angin yang cukup tinggi. Untuk memperoleh putaran turbin angin yang optimal dapat dilakukan dengan cara yaitu, variasi pada *blade* turbin dan penggunaan *diffuser* pada turbin angin.

Perkembangan teknologi turbin angin yang terjadi saat ini ialah DAWT (*Diffuser Augmented Wind turbine*) yang merupakan pengembangan dari konsep *horizontal axis wind turbine* yang dilengkapi dengan *diffuser* pada rotornya. Konsep tentang DAWT sudah berkembang sejak tahun 1977.

Perkembangan konsep DAWT terus dilakukan untuk meningkatkan keluaran daya. Peningkatan daya pada teknologi DAWT disebabkan oleh meningkatnya kecepatan aliran angin didalam *diffuser* sehingga daya rotor pada variasi kecepatan angin dapat meningkat secara signifikan. Peningkatan kecepatan angin dalam *diffuser* juga dapat meningkatkan daya listrik untuk turbin yang berukuran relatif kecil (Chen dkk, 2012).

Penelitian Ohya dan Abe (2004) mengenai *diffuser augmented wind turbine* juga saat ini berfokus untuk menemukan daya turbin angin berselubung (*shrouded diffuser*) berdasarkan karakteristik fisis aliran yang terjadi melalui metode simulasi atau eksperimental. Penelitian mengenai aliran disekitar *diffuser* ber-flange menjelaskan adanya pengaruh munculnya vorteks di sisi belakang yang membuat efek daya menghisap menuju daerah keluaran *diffuser* serta peningkatan kecepatan aliran.

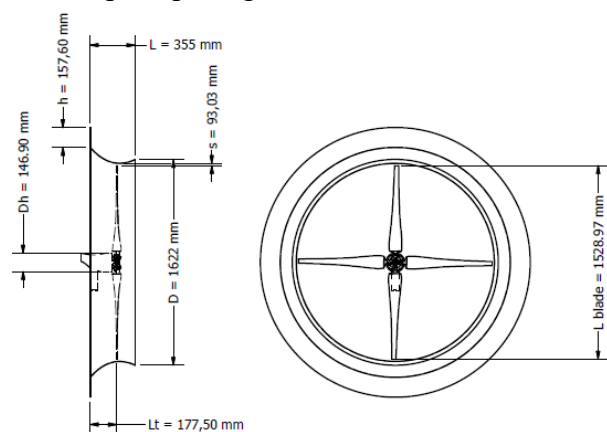
Berdasarkan pernyataan diatas perlu dilakukan perancangan *diffuser* secara efisien. Pengujian *diffuser augmented wind*

turbine membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang lebih efisien. *Computational Fluid Dynamic (CFD)* merupakan metode simulasi fluida. CFD adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, reaksi kimia, perpindahan panas, dan fenomena – fenomena lainnya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi menggunakan *software* Autodesk *computational fluid dynamics* 2019. Alat penelitian yang digunakan ialah *Diffuser augmented wind turbine* dengan variasi jumlah *blade turbine* 3, 4, 5 dan 6.

Desain *diffuser augmented wind turbine* yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh Yuji Ohya. *Diffuser augmented wind turbine* yang diteliti oleh (Ohya dkk, 2008) disebut juga sebagai *Wind-lens turbine* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10. Turbin angin dengan *diffuser* ber-flange telah menunjukkan pembesaran daya dan peningkatan kecepatan angin sehingga desain *diffuser augmented wind turbine* untuk penelitian ini seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Gambar 2D sistem DAWT

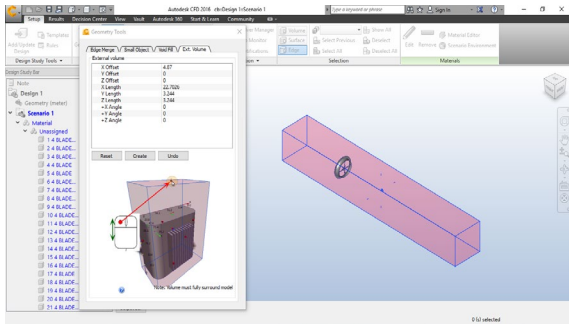
Alur Proses Simulasi

Tahap ini dilakukan proses simulasi dari gambar 3D yang berbentuk file

Autodesk Inventor kemudian di *import* ke dalam file Autodesk CFD, kemudian menginput parameter-parameter yang digunakan pada penelitian ini dengan mengikuti langkah-langkah simulasi berikut:

Pengaturan Geometry Tools

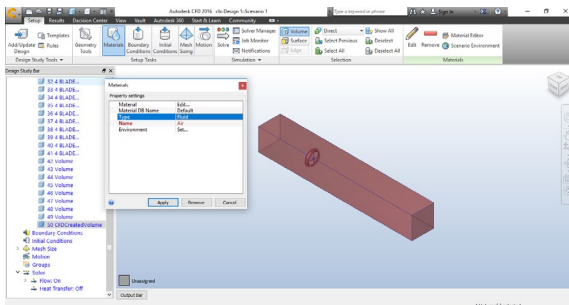
Pengaturan *geometry tools* sebagai fitur untuk mengatur *external volume*. *External volume* merupakan penentuan kapasitas ruang yang bisa ditempati dalam suatu objek. Objek yang digunakan ialah desain *diffuser augmented wind turbine* dengan dimensi *external volume* panjang 14 x Di, lebar 2 x Di dan tinggi 2 x Di, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9.



Gambar 2. Pengaturan *external volume*.

Materials

Setelah pengaturan *external volume* selesai langkah selanjutnya yaitu menentukan material yang digunakan. Tahap ini material dari *external volume* ialah Air (Udara) dengan *Density* adalah 1,2 Kg/m³.

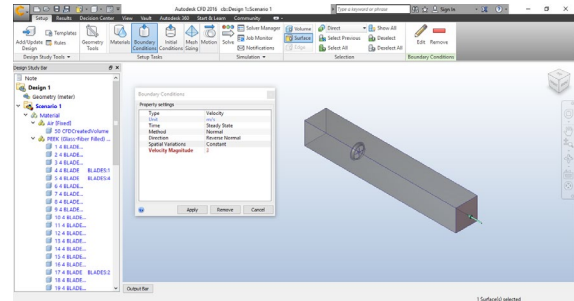


Gambar 3. Menentukan *materials*

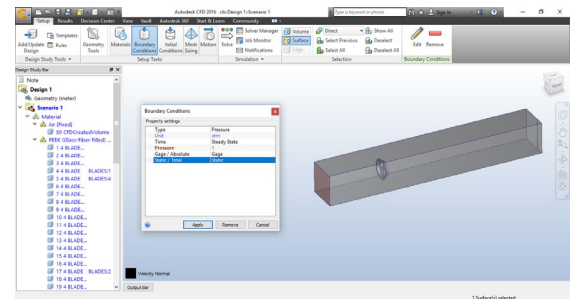
Name	Assigned to
Fluid	Air (Udara)
Solid	PEEK (Glass fiber Filled)

Boundary counditions

Boundary conditions atau disebut sebagai kondisi batas dari suatu pemodelan.



Gambar 4. Menentukan kecepatan angin pada inlet wall dari *boundary conditions*

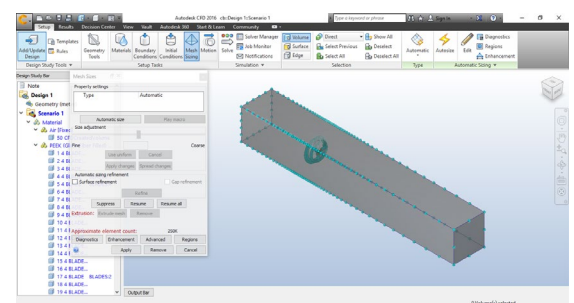


Gambar 5. Menentukan tekanan pada outlet wall dari *boundary conditions*

Name	Assigned to
Velocity normal (3 m/s – 16 m/s)	Inlet wall
Pressure 1 atm	Outlet wall

Mesh sizing

Mesh sizing berfungsi untuk menentukan ukuran *mesh* pada suatu benda atau ruangan (*external volume*) yang dianalisa dengan jumlah *grid* tertentu. Pengaturan *mesh sizing* yang digunakan yaitu dengan *Automatic size*.



Gambar 6. Mesh sizing

Solver

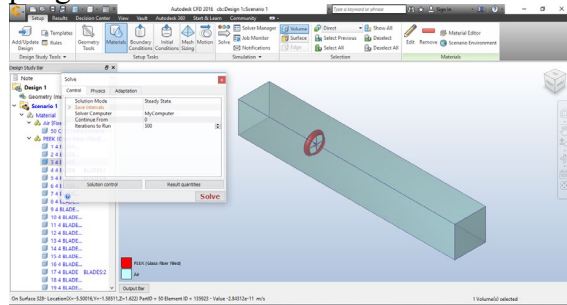
Pada simulasi ini, *solver* dimaksudkan sebagai proses iterasi dengan beberapa cara,

Solver setting	
<i>Solution method</i>	<i>Steady state</i>
<i>Turbulence model</i>	<i>k-epsilon</i>

Physic	
<i>Flow</i>	<i>On</i>
<i>Compressibility</i>	<i>Incompressible</i>
<i>Heat transfer</i>	<i>Off</i>

Convergence	
<i>Iterations run</i>	<i>500</i>
<i>Times</i>	<i>Steady State</i>

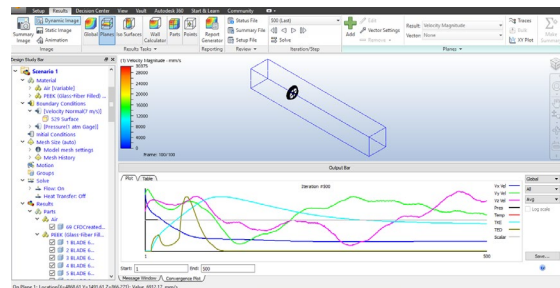
Berdasarkan cara diatas maka gambar dibawah ini menunjukkan proses pengaturan *solver*.



Gambar 7. Menentukan *solver*

Hasil simulation report

Setelah alur proses simulasi diatas dilakukan maka langkah selanjutnya yaitu diperolehnya hasil simulasi baik itu dalam bentuk grafik maupun data.



Gambar 8. *Simulation report*

HASIL DAN PEMBAHASAN

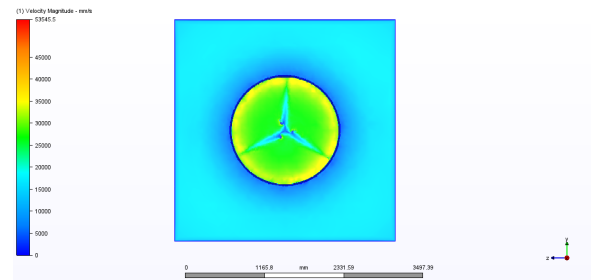
Hasil

Berdasarkan hasil simulasi turbin angin dengan *diffuser* atau *Diffuser augmented wind turbine* dengan variasi jumlah *blade turbine* 3, 4, 5 dan 6 menggunakan *software* Autodesk *Computational Fluid Dynamics* diperoleh kecepatan angin yang terjadi di daerah *entrance diffuser augmented wind turbine* dan nilai data torsi.

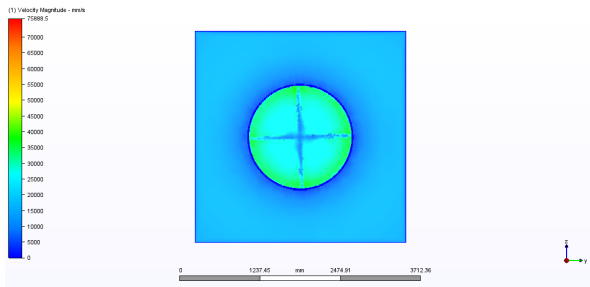
Hasil penelitian yaitu mengetahui perbandingan kecepatan angin rata-rata didaerah *entrance diffuser augmented wind turbine* dengan kecepatan angin input pada *inlet wall boundary condition* dan nilai daya rotor turbin angin pada masing-masing *diffuser augmented wind turbine* terhadap kecepatan angin didaerah *entrance diffuser*.

Kontur *plane entrance*

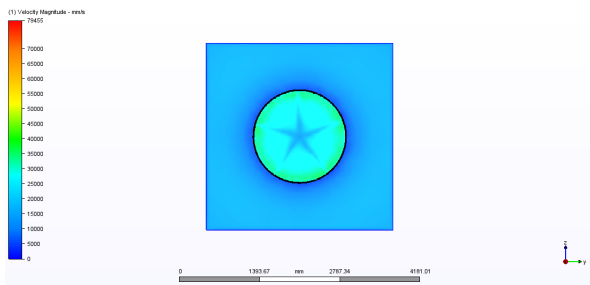
Kontur *plane entrance* menunjukkan hasil simulasi berupa kecepatan angin di daerah *entrance diffuser augmented wind turbine*. Berdasarkan kontur *plane entrance* pada gambar 9. hingga 12. warna *orange* dan kuning memperlihatkan kecepatan angin tertinggi sedangkan warna biru menunjukkan kecepatan angin menurun.



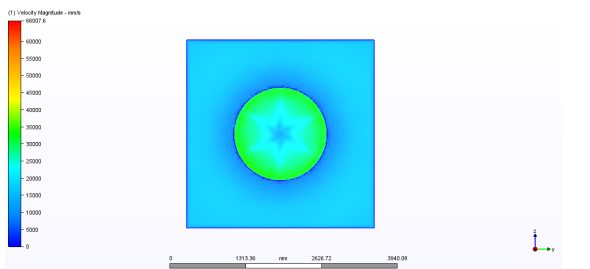
Gambar 9. Kontur *plane entrance* DAWT dengan variasi 3 *blade turbine* pada kecepatan angin input 16 m/s



Gambar 10. Kontur *plane entrance* DAWT dengan variasi 4 *blade turbine* pada kecepatan angin input 16 m/s



Gambar 11. Kontur *plane entrance* DAWT dengan variasi 5 *blade turbine* pada kecepatan angin input 16 m/s



Gambar 12. Kontur *plane entrance* DAWT dengan variasi 6 *blade turbine* pada kecepatan angin input 16 m/s

Berdasarkan hasil simulasi *diffuser augmented wind turbine* pada berbagai variasi jumlah *blade turbine* seperti ditunjukkan pada gambar 4.2 sampai 4.5 bahwa bidang kontur *entrance diffuser* terjadi peningkatan kecepatan angin yang sangat signifikan. Hal ini disebabkan perbedaan tekanan pada *inlet* dan *outlet* sehingga menghasilkan kecepatan angin yang lebih besar didalam *entrance diffuser*. Hal yang sama juga dilaporkan dari hasil penelitian Ohya dan Abe (2004), bahwa didalam *diffuser* terjadi peningkatan kecepatan angin yang signifikan.

Salah satu penelitian yang bertujuan mendapatkan kombinasi terbaik dari

pengembangan selubung kosong telah dilakukan oleh Ohya dengan menguji tiga bentuk geometri selubung berupa *nozzle*, silinder dan *diffuser*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilai peningkatan kecepatan terbesar didapatkan oleh bentuk *diffuser*.

Data Simulasi

Tabel 1. Data hasil perhitungan DAWT variasi 3 *blade turbine*

No.	Kecepatan Angin Input (m/s)	Kecepatan Angin Entrance (m/s)	Putaran Rotor (rpm)	Torsi Simulasi (Nm)	Daya Rotor Turbin Angin (Watt)
1	3	4,5	311,161	0,403	13,125
2	4	5,9	497,945	0,45	23,453
3	5	7,5	812,34	0,502	42,683
4	6	9	978,635	0,616	63,097
5	7	10,5	786,64	0,635	52,283
6	8	12	949,622	0,635	63,115
7	9	13,6	1218,838	0,932	118,897
8	10	15,1	1471,228	0,783	120,573
9	11	16,5	1706,792	1,125	200,975
10	12	18,1	1976,008	1,362	281,692
11	13	19,6	2228,398	1,665	388,343
12	14	21,1	2480,788	2,04	529,698
13	15	22,6	2733,178	1,908	545,827
14	16	24,3	3019,22	2,661	840,907

Tabel 2. Data hasil perhitungan DAWT variasi 4 *blade turbine*

No.	Kecepatan Angin Input (m/s)	Kecepatan Angin Entrance (m/s)	Putaran Rotor (rpm)	Torsi Simulasi (Nm)	Daya Rotor Turbin Angin (Watt)
1	3	3,7	226,893	0,258	6,127
2	4	4,9	492,061	0,287	14,781
3	5	6,2	246,134	0,288	7,419
4	6	7,5	395,678	0,28	11,596
5	7	8,7	314,759	0,374	12,321
6	8	10	626,642	0,293	19,217
7	9	11,1	683,926	0,492	35,219
8	10	12	843,583	0,507	44,766
9	11	14,9	845,706	0,895	79,223
10	12	15	847,99	0,884	78,461
11	13	16,2	875,422	1,016	93,094
12	14	17,4	902,853	0,876	82,781
13	15	18,6	930,288	1,183	115,189
14	16	19,9	960,001	1,173	117,863

Tabel 3. Data hasil perhitungan DAWT variasi 5 *blade turbine*

No.	Kecepatan Angin Input (m/s)	Kecepatan Angin Entrance (m/s)	Putaran Rotor (rpm)	Torsi Simulasi (Nm)	Daya Rotor Turbin Angin (Watt)
1	3	4,6	358,706	0,044	1,652
2	4	6	446,209	0,043	2,008
3	5	7,6	571,457	0,123	7,357
4	6	9,2	661,204	0,177	12,249
5	7	10,7	820,106	0,155	13,305
6	8	12,2	1115,525	0,514	60,014
7	9	13,8	1585,36	0,473	78,487
8	10	15,4	2055,192	0,386	83,032
9	11	16,7	2436,931	0,493	125,747
10	12	18,3	2867,379	1,034	310,323
11	13	20	3324,73	0,81	281,871
12	14	21,3	3674,469	1,235	474,974
13	15	23	4191,82	0,483	211,913
14	16	24,6	4562,268	0,998	476,562

Tabel 4. Data hasil perhitungan DAWT variasi 6 *blade turbine*

No.	Kecepatan Angin Input (m/s)	Kecepatan Angin Entrance (m/s)	Putaran Rotor (rpm)	Torsi Simulasi (Nm)	Daya Rotor Turbin Angin (Watt)
1	3	4,5	248,016	0,041	1,064
2	4	6,1	431,792	0,081	3,661
3	5	7,6	494,504	0,171	8,851
4	6	9,1	567,551	0,127	7,544
5	7	10,6	805,94	0,205	17,293
6	8	12,2	925,625	0,141	13,660
7	9	13,6	925,429	0,242	23,441
8	10	15,4	924,843	0,258	24,974
9	11	16,9	924,275	0,287	27,765
10	12	18,4	923,705	0,558	53,948
11	13	19,8	923,172	0,54	52,178
12	14	21,3	922,601	0,508	49,055
13	15	22,9	921,993	0,889	85,790
14	16	24,3	921,461	0,748	72,142

Perhitungan Daya Rotor Turbin Angin

Perhitungan daya rotor turbin angin pada *Diffuser Augmented Wind Turbine* variasi 3 *Blade Turbine* dengan kecepatan angin 3 m/s.

$$P = T \times \omega$$

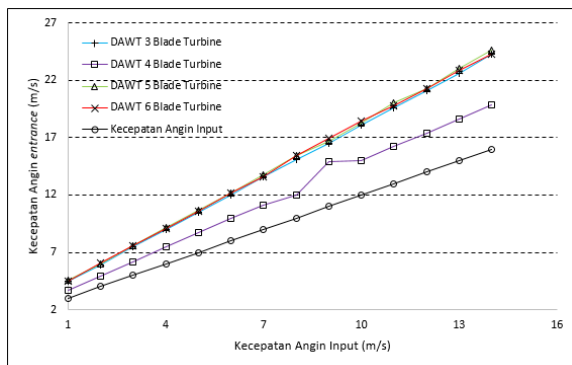
$$P = \frac{2 \times \pi \times n \times T}{60}$$

$$P = \frac{2 \times \pi \times 311,161 \times 0,403}{60}$$

$$P = 13,125 \text{ Watt}$$

Pembahasan

Kecepatan Angin (m/s)



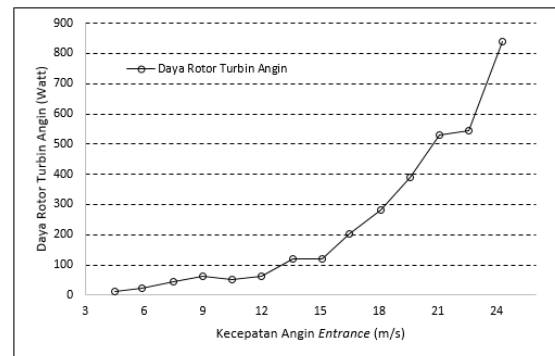
Gambar 13. Grafik hubungan kecepatan angin di daerah *entrance diffuser* pada masing-masing *diffuser augmented wind turbine* dengan kecepatan angin input

Berdasarkan gambar 13. analisis profil peningkatan kecepatan angin pada *diffuser augmented wind turbine* diperoleh kecepatan angin tertinggi pada *diffuser augmented wind turbine* variasi 5 *blade turbine* dengan kecepatan angin input 3 m/s didapatkan 4,6 m/s dan kecepatan angin input 16 m/s menghasilkan sebesar

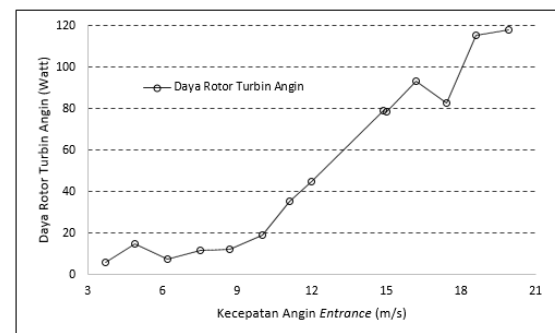
24,6 m/s. Hal ini menunjukkan dimana kecepatan akan meningkat jika skala luas *inlet* semakin diperkecil dan selanjutnya kecepatan angin akan semakin menurun saat menuju *outlet diffuser augmented wind turbine*.

Daya Rotor Turbin Angin (Watt)

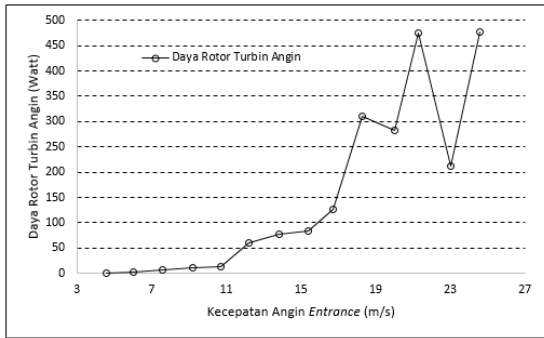
Daya rotor turbin angin seperti pada gambar 14. hingga 17. merupakan hubungan antara daya rotor turbin angin dengan kecepatan angin *entrance* pada masing-masing *diffuser augmented wind turbine* pada variasi jumlah *blade turbine* 3, 4, 5 dan 6.



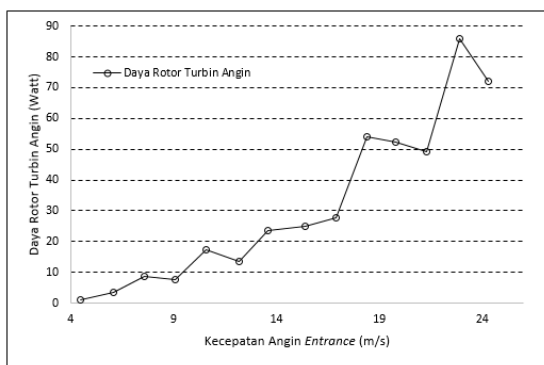
Gambar 14. Grafik hubungan daya rotor turbin angin dengan kecepatan angin *entrance* pada *diffuser augmented wind turbine* variasi 3 *blade turbine*.



Gambar 15. Grafik hubungan daya rotor turbin angin dengan kecepatan angin *entrance* pada *diffuser augmented wind turbine* variasi 4 *blade turbine*.



Gambar 16. Grafik hubungan daya rotor turbin angin dengan kecepatan angin *entrance* pada *diffuser augmented wind turbine* variasi 5 *blade turbine*.



Gambar 17. Grafik hubungan daya rotor turbin angin dengan kecepatan angin *entrance* pada *diffuser augmented wind turbine* variasi 6 *blade turbine*.

Berdasarkan gambar diatas pada masing-masing *diffuser augmented wind turbine* variasi jumlah *blade turbine* di atas memperlihatkan bahwa perbedaan variasi jumlah *blade turbine* mempengaruhi daya rotor turbin yang dihasilkan terhadap *diffuser augmented wind turbine*. *Diffuser augmented wind turbine* dengan variasi 3 *blade turbine* menghasilkan daya rotor turbin angin sebesar 13,125 Watt pada kecepatan angin *entrance* 4,5 m/s sedangkan pada kecepatan angin *entrance* 24,3 m./s menghasilkan daya rotor turbin angin sebesar 840,907 Watt. Daya rotor turbin mengalami penurunan pada *diffuser augmented wind turbine* variasi 4 *blade turbine* pada kecepatan angin *entrance* 3,7 m/s menghasilkan daya rotor turbin sebesar 6,127 Watt sedangkan pada kecepatan angin *entrance* tertingginya 19,9 m/s menghasilkan daya rotor turbin 117,863 Watt.

Pada *diffuser augmented wind turbine* varias 5 *blade turbine* mengalami peningkatan daya rotor turbin angin pada kecepatan angin *entrance* 4,6 m/s menghasilkan daya rotor turbin sebesar 1,652 Watt sedangkan pada kecepatan angin *entrance* tertingginya 24,6 m/s menghasilkan daya rotor turbin 476,562 Watt. Akan tetapi, pada DAWT variasi 6 *blade turbine* mengalami penurunan daya rotor turbin pada kecepatan angin *entrance* 4,5 m/s menghasilkan 1,064 Watt sedangkan pada kecepatan angin *entrance* tertinggi 24,3 m/s didapatkan daya rotor turbin sebesar 72,142 Watt.

Nilai daya rotor turbin angin yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan penggunaan sistem *diffuser* terjadi peningkatan daya yang sangat signifikan. Hal ini dibuktikan dengan perbandingan daya rotor turbin angin pada kecepatan angin input 12 m/s yang diperoleh dari hasil simulasi *computational fluid dynamic* tanpa *diffuser* seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Hasil simulasi jumlah *blade turbine* tanpa *diffuser*

No.	Kecepatan angin input 12 m/s		
	Torsi (Nm)	Putaran Rotor (rpm)	Daya Rotor Turbin Angin (Watt)
3 <i>blade turbine</i>	0,257	949,622	25,557
4 <i>blade turbine</i>	0,196	843,583	17,314
5 <i>blade turbine</i>	0,230	1076,135	25,919
6 <i>blade turbine</i>	0,204	910,664	19,454

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dibahas sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada *entrance diffuser augmented wind turbine* terjadi peningkatan kecepatan angin seperti yang didapatkan pada *diffuser augmented wind turbine* dengan 5 *Blade Turbine* pada kecepatan angin input 3 m/s menghasilkan kecepatan angin *entrance* sebesar 4,6 m/s dan kecepatan angin input 16 m/s menghasilkan kecepatan angin *entrance* sebesar 24,6 m/s. Terjadinya peningkatan kecepatan angin pada daerah *entrance* disebabkan oleh adanya perbedaan tekanan dan kecepatan pada daerah *diffuser* sehingga aliran angin berpusat pada *diffuser*.

2. Daya rotor turbin angin terbaik ditunjukkan oleh *diffuser augmented wind turbine* dengan variasi 3 *Blade Turbine* pada kecepatan angin *entrance* 4,5 m/s sebesar 13,125 Watt dan kecepatan angin *entrance* 24,3 m/s diperoleh sebesar 840,863 Watt.

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

P : Daya rotor turbin angin (Watt)
 ω : Putaran rotor turbin (rpm)
T : Torsi (Nm)
 π : Phi
Di : Diameter
D : Dimensi

DAFTAR PUSTAKA

Airfoil tools, WORTMANN FX 79-K-144/17 AIRFOIL - Wortmann FX 79-K-144/17 sailplane airfoil <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=fx79k144-il>, diakses 9-07-2018.

K. Abe, Y. Ohya. *An investigation of flow field around flanged diffuser using CFD*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 92, pp. 313-330, 2004.

Kazuhiko Toshimitsu., 2012, *Experimental Investigation of Performance of the Wind Turbine with the Flange-Diffuser Shroud in Sinusoidally*

Oscillating and Fluctuating Velocity Flows, Oita National College of Technology.

Kementrian ESDM., 2013, *Kajian Supply Demand Energi*. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Kosasih B, Tondelli A., 2012, *Experimental Study of Shrouded Micro-Wind Turbine*. Procedia Engineering. 49(1):92-98.

Ohya, Y., Karasudani, T., Sakurai, A., Abe, K.-i., & Inoue, M., 2008, *Development of a Shrouded Wind Turbine with a Flanged Diffuser*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 96: p. 524-539.

Ohya, Y., 2010, *A Shrouded Wind Turbine Generating High Output Power with Wind-lens Technology*, Kyushu University.

Tourlidakis, A., Vafiadis, K., Andrianopoulos, V., and Kalogeropoulos, I., 2013, *Aerodynamics Design and Analysis of a Flange Diffuser Augmented Wind Turbine*, Proceeding of ASME Turbo Expo, San Antonio, Texas, USA.

Uchida, T., Ohya, Y., and Sugitani, K., 2011, *Comparisons Between The Wake Of A Wind Turbine Generator Operated At Optimal Tip Speed Ratio And The Wake Of A Stationary Disk, Modelling and Simulation In Engineering*, Vol 2011, Article ID 749421.

Wang, S.H., and Cheng, S.H., 2008, *Blade number effect for a ducted wind turbine*, Journal Mechanical Science Technology, vol. 22/ 1984-1992.