

ANALISA DAYA TURBIN ANGIN PADA SISTEM *DIFFUSER* DENGAN VARIASI SUDUT *FLANGE* MENGGUNAKAN *ANSYS 2022 R2*

WIND TURBINE POWER ANALYSIS IN A DIFFUSER SYSTEM WITH FLANGE ANGLE VARIATIONS USING ANSYS 2022 R2

Muhaimul Dimas, I.K. Wiratama, I.G.N.K. Yudhyadi

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jln. Majapahit. No. 62, Mataram Nusa Tenggara Barat, 83125, Indonesia

*Corresponding author

E-mail addresses: muhaimul@gmail.com

ABSTRACT

Every year human population, economy, and construction in Indonesia have increased, this has led to an increase in energy demand from year to year. In Indonesia, fossil fuels dominate as the main sources for electrical energy. The way to solve that problem is to convert wind energy using a wind power plant. However data from ESDM ministry wind speed in Indonesia is only 3 m/s to 6 m/s and the technology of wind power plants is currently usually used for sub-tropical areas with speeds of 10 m/s so that it does not produce optimal power for Indonesia which is a tropical area.

In this research an experiment was carried out by adding a diffuser to the wind turbine and then adding a flange to the exit diffuser. The goal is to analyze the torque, power, and flow velocity that occur in the diffuser. This research was carried out by simulating the ANSYS 2022 R2 software. As well as variations were carried out at the diffuser flange angle and wind speed of 3 m/s – 6 m/s.

This research showed that the append diffuser and flange had quite an effect on the entrance value which increased up to 2.07 times in variations of 30° flange angle at 6 m/s to 12.409 m/s wind speed that variation have 2.866485 N.m and 331.9886999 Watt which highest torque and power. The lowest torque and power obtained by 90° flange angle variation at 3 m/s wind speed with 0.686986 N.m torque and 21.00792176 Watt power.

Keywords: flange, Wind turbine, diffuser, renewable energy, CFD simulation

1. Pendahuluan

Di Indonesia bahan bakar fosil mendominasi sebagai bahan dasar utama sumber energi listrik. Bahan bakar fosil sendiri merupakan bahan bakar yang tidak dapat di perbaharui dan terbentuknya membutuhkan kurun waktu sangat lama. Maka dari itu di butuh kan sumber energi lain. Salah satu sumber energi yang bisa di dimanfaatkan saat ini adalah energi angin. Potensi energi angin di Indonesia adalah 9,29 GW dan yang terpasang 0,50 MW [1].

Salah satu cara untuk mengkonversi energi angin adalah menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) akan tetapi berdasarkan data dari kementerian ESDM kecepatan angin di Indonesia hanya 3 m/s hingga 6 m/s serta teknologi dari pembangkit tenaga angin saat ini biasanya di gunakan

untuk daerah sub-tropis yang berkecepatan 10 m/s sehingga belum menghasilkan daya yang optimal untuk Indonesia yang termasuk daerah tropis.

Turbin angin merupakan suatu bagian dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dimana berperan sebagai pengkonversi energi angin menjadi energi mekanik yang memutar poros dan terhubung pada generator. Ada dua jenis turbin angin yang sering digunakan berdasarkan kedudukan poros, yaitu turbin angin sumbu horizontal atau *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal atau *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT).

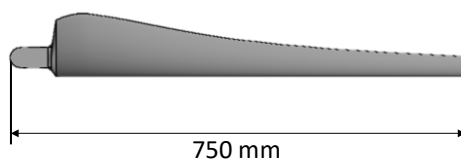
HAWT merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Untuk mengubah arah turbin angin mikro menggunakan kontrol dari fin yang terletak di belakang turbin dan turbin yang lebih besar menggunakan kontrol yaw direction. Biasanya HAWT memiliki blade berbentuk airfoil seperti bentuk sayap pada pesawat. Seperti yang kita ketahui bahwa kecepatan angin di Indonesia cukup rendah maka dari itu dibutuhkan cara untuk meningkatkan kecepatan angin yang rendah tersebut. Untuk meningkatkan kecepatan angin walau dengan diameter rotor yang sama daya dapat di optimalkan dengan cara menambahkan diffuser [2].

Konsep diffuser dengan *flange* milik Ohya adalah diffuser dalam bentuk selubung yang menyerupai seperti kerucut terpancung dengan interior dalam rata, yang dilengkapi dengan sebuah *flange* pada bagian belakang selubung. Kinerja dari *diffuser* desain ohya dengan penambahan *flange* bisa memberikan peningkatan kecepatan 1,6 hingga 2,4 kali kecepatan angin yang datang. Ini dikarenakan wilayah bertekanan kecil membuat formasi vorteks yang lebih kuat sehingga perpindahan massa angin ke dalam *diffuser* semakin kuat. Selain itu, pada kecepatan angin dapat ditingkatkan lagi melalui variasi sudut. Sebuah diffuser dengan *inlet shroud* beserta *flange* dengan variasi sudut *flanged diffuser* pada sudut 4°, 8°, dan 12° dengan kecepatan angin yang diberikan 4 m/s menghasilkan peningkatan kecepatan sebesar 67,12% [3, 4].

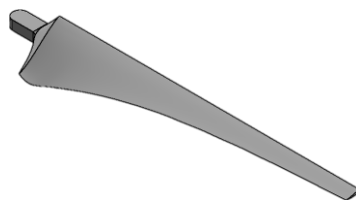
Untuk mengetahui daya yang di hasilkan dari turbin angin pada sistem diffuser di butuhkan waktu dan biaya yang banyak jika dilakukan secara experimental, sehingga peneliti melakukan simulasi dengan menggunakan pendekatan numerik atau *Computational fluid Dynamic* (CFD) melalui *software* ANSYS. CFD merupakan metode simulasi numerik fluida yang memprediksi aliran fluida dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika (model matematika). Model matematika tersebut berisi persamaan-persamaan diferensial parsial yang mempresentasikan hukum-hukum konservasi massa, momentum dan energi sehingga diharapkan dengan metode ini analisis daya turbin angin dalam *diffuser* dapat di perkirakan lebih detail dan lengkap.

2. Bahan dan Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laptop dengan processor Intel(R) Core(TM) i5-3210M CPU @ 2.50GHz 2501 Mhz 2 Core(s) 4 Logical Processor(s) RAM 8 GB Windows 10 Pro, Desain teknik diperoleh dari penelitian Bapak I Kade Wiratama, ST., M.Sc., Ph.D Mengenai turbin angin seperti yang di tunjukan gambar 1 dan gambar 2, *Software* AutoDesk Inventor Profesional 2019 dan ANSYS 2022 R2.

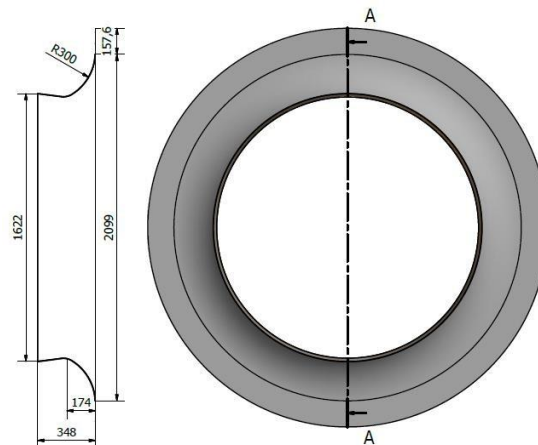


Gambar 1 Panjang bilah dengan airfoil Wortmann FX63-137.



Gambar 2 Tampak isometri model 3D bilah dengan *airfoil* Wortmann FX63-137.

Metode yang di gunakan dalam penelitian ini yang pertama menentukan desain bilah seperti pada gambar 1 dan 2 kemudian gambar diffuser seperti gambar 3.



Gambar 3 Desain diffuser

Yang kedua adalah menggunakan Persamaan 1 untuk mengetahui daya angin yang tersedia

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (1)$$

P_a adalah daya angin yang tersedia di lingkungan (Watt); ρ adalah massa jenis udara (kg/m^3); A adalah luas penampang bilah (m^2); dan V adalah kecepatan angin (m/s). setelah mengetahui daya yang tersedia kemudian menentukan putaran rotor yang akan di input pada *set up* ANSYS 2022 R2 menggunakan Persamaan 2.

$$\omega = \frac{\lambda \times V_a}{R} \quad (2)$$

ω adalah Kecepatan sudut dari rotor (rad/s) yang akan dipakai langsung untuk mencari daya rotor seperti pada Persamaan 4; λ adalah *Tip speed ratio* yang dapat ditentukan dari grafik c_p vs tsr sesuai dengan jumlah bilah yang digunakan; V_a adalah kecepatan angin (m/s); dan R adalah jari-jari bilah. Persamaan 2 dapat dikonversi ke rpm dengan menggunakan persamaan 3 untuk memudahkan proses input.

$$n = \frac{\omega \times 60}{2\pi} \quad (3)$$

n adalah kecepatan sudut dari rotor (rpm) yang di gunakan pada input *set up*; ω adalah Kecepatan sudut dari rotor (rad/s); 60s merupakan nilai angka dalam 1 menit; dan π adalah phi yang memiliki nilai 3,14.

$$P = T \cdot \omega \quad (4)$$

P adalah daya rotor (Watt); T adalah torsi (Nm) yang didapat dari hasil simulasi; ω adalah Kecepatan sudut dari rotor (rad/s) yang didapat dari Persamaan 2.

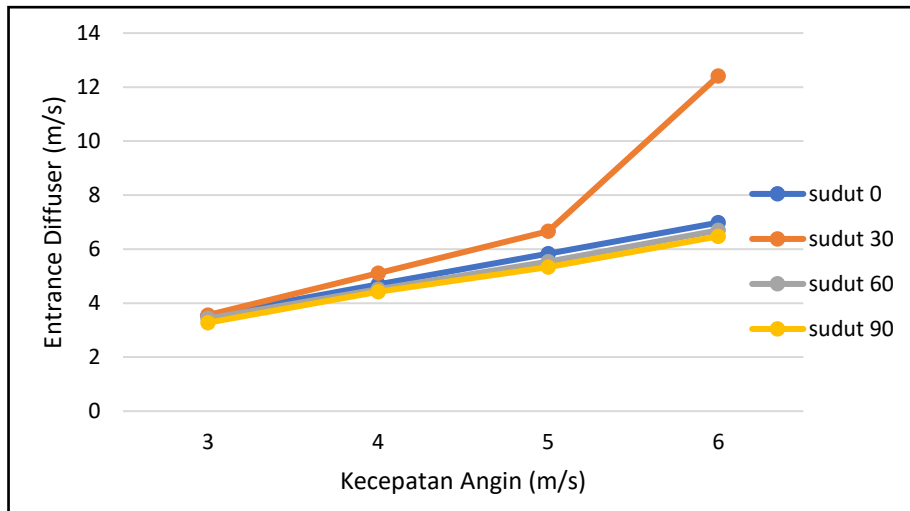
Validasi simulasi menggunakan perbandingan laju aliran massa masuk (\dot{m}_{in}) dan laju aliran massa keluar (\dot{m}_{out}) hal ini berdasarkan Pada hukum kekekalan massa menyatakan bahwa dalam dalam suatu sistem yang tetap dan dapat ditentukan volumenya maka massa sistem tersebut tidak berubah menurut waktu. Prinsip ini bisa di sebut juga kontinuitas yang memiliki jumlah massa fluida yang mengalir masuk sama dengan jumlah masa fluida yang keluar serta. Data \dot{m} diperoleh dalam *report*

simulasi yang kemudian di gunakan lah Persamaan 5 untuk mencari nilai error pada penelitian yang di sarankan tidak lebih dari 5%.

$$Error = 100 - \left(\frac{\dot{m}_{out}}{\dot{m}_{in}} \times 100 \right) \tag{5}$$

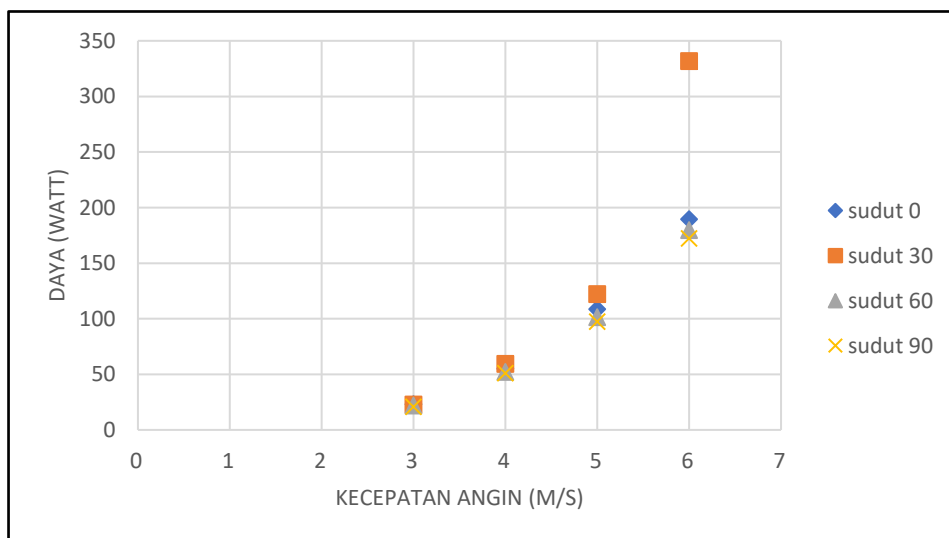
Error(%) adalah nilai yang diketahui ketika membandingkan laju aliran massa masuk dan keluar; \dot{m}_{out} adalah laju aliran massa keluar (kg/s); dan \dot{m}_{in} adalah laju aliran massa masuk (kg/s).

3. Hasil dan Pembahasan



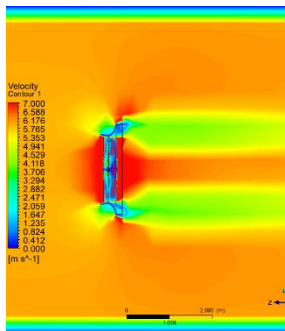
Gambar 4 Grafik hubungan kecepatan angin dengan *entrance diffuser*

Dari grafik Gambar 4 dapat di lihat semua variasi sudut dan kecepatan angin mengalami peningkatan kecepatan angin pada *entrance diffuser*. Peningkatan kecepatan angin di dalam *diffuser* disebabkan karena hisapan aliran yang terjadi akibat tekanan angin di dalam objek berongga lebih rendah daripada tekanan angin pada aliran bebas.

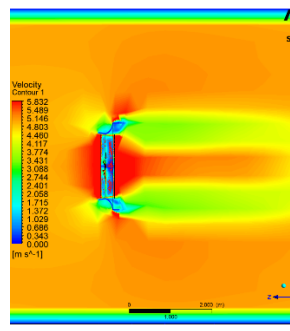


Gambar 5 Grafik hubungan daya dengan kecepatan angin pada sistem *diffuser*

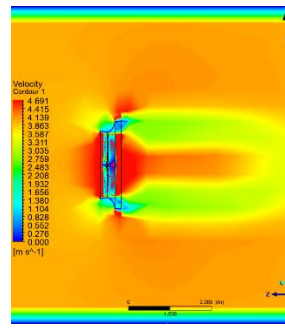
Pada sistem *diffuser* variasi sudut *flange* 30° mengalami peningkatan di kecepatan angin 3 m/s memiliki torsi sebesar 0,690763184 Nm dengan *entrance* 3,56067 m/s dan daya 22.95607763 Watt sedangkan di dibandingkan sudut 90° ternyata sudut 30° terjadi penurunan torsi pada kecepatan angin 6 m/s torsi yang dihasilkan 2,866485442 Nm tetapi *entrance* yang di hasilkan cukup tinggi yaitu 12,409 m/s dan daya yaitu 331.9886999 Watt dimana daya tersebut adalah yang tertinggi di antara variasi yang lain. Torsi dan daya pada variasi sudut *flange* 0° mengalami peningkatan pada kecepatan angin 3 m/s memiliki torsi sebesar 0,700839385 Nm dan daya 23.12322366 Watt tetapi *entrance* mengalami penurunan yaitu 3,53503 m/s sedangkan peningkatan dialami untuk kecepatan angin 6 m/s torsi yang dihasilkan 2,911153542 Nm dan daya 189.6636328 Watt tetapi *entrance* mengalami penurunan 6,98043 m/s. daya turbin angin yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan penggunaan sistem *diffuser* terjadi peningkatan daya yang sangat signifikan seiring dengan meningkatnya kecepatan angin dan *entrance*.



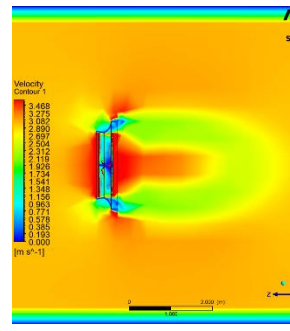
Gambar 6 Kontur flange 0° kecepatan angin 6 m/s



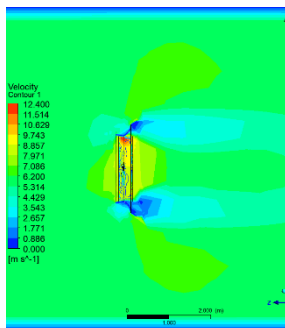
Gambar 7 Kontur flange 0° kecepatan angin 5 m/s



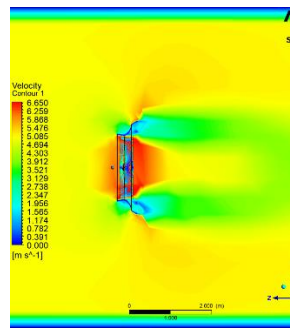
Gambar 8 Kontur flange 0° kecepatan angin 4 m/s



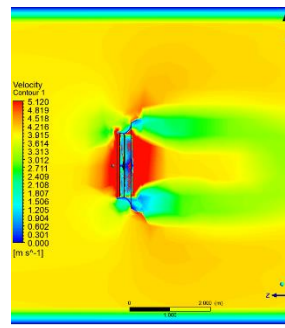
Gambar 9 Kontur flange 0° kecepatan angin 3 m/s



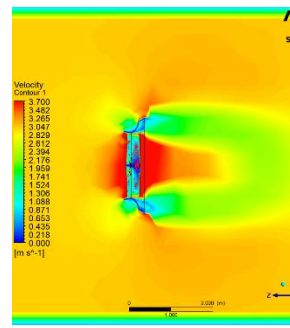
Gambar 10 Kontur flange 30° kecepatan angin 6 m/s



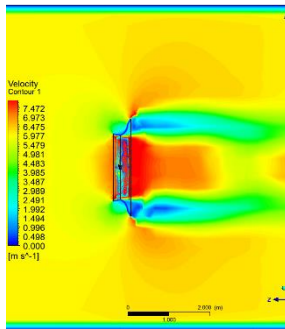
Gambar 11 Kontur flange 30° kecepatan angin 5 m/s



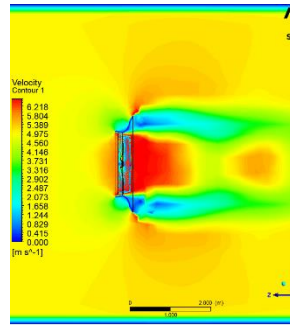
Gambar 12 Kontur flange 30° kecepatan angin 4 m/s



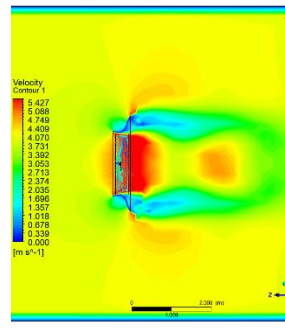
Gambar 13 Kontur flange 30° kecepatan angin 3 m/s



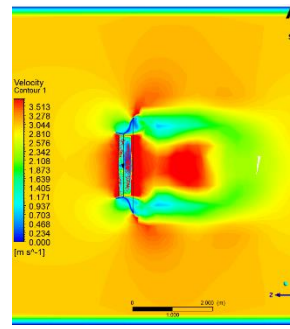
Gambar 14 Kontur flange 60° kecepatan angin 6 m/s



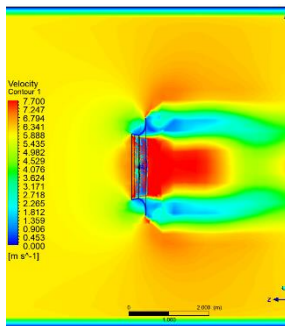
Gambar 15 Kontur flange 60° kecepatan angin 5 m/s



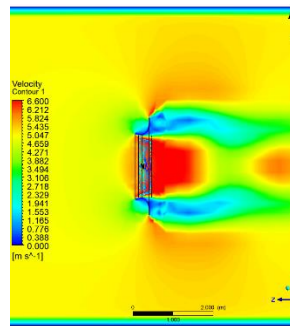
Gambar 16 Kontur flange 60° kecepatan angin 4 m/s



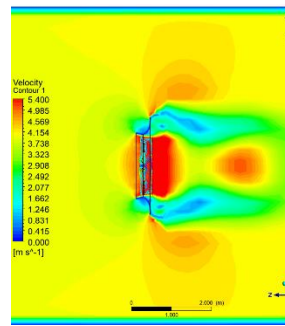
Gambar 17 Kontur flange 60° kecepatan angin 3 m/s



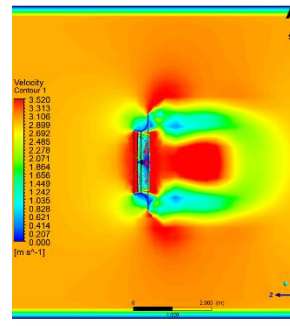
Gambar 18 Kontur flange 90° kecepatan angin 6 m/s



Gambar 19 Kontur flange 90° kecepatan angin 5 m/s



Gambar 20 Kontur flange 90° kecepatan angin 4 m/s



Gambar 21 Kontur flange 90° kecepatan angin 3 m/s

Kontur kecepatan aliran angin menunjukkan perbedaan pola aliran. Ini dikarenakan adanya *flange* pada *diffuser* yang menyebabkan perubahan kecepatan aliran angin di dalam rongga *diffuser*. Area biru pada permukaan *geometry* memiliki kecepatan 0 m/s ini dikarenakan kondisi *slip* antara fluida dengan permukaan. Semakin fluida menjauhi sebuah permukaan benda maka kecepatannya akan kembali normal sesuai kondisi yang di alami sebelum menyentuh permukaan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) pada setiap variasi sistem flange diffuser menggunakan software ANSYS 2022 R2 didapatkan data yang telah dibahas sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Torsi pada setiap variasi sistem flanged diffuser dan kecepatan angin memiliki perbedaan yang tidak jauh. Torsi tertinggi diperoleh variasi sudut flange 0° pada kecepatan 6 m/s sebesar 2.911154 Nm dan torsi terendah diperoleh variasi sudut flange 90° pada kecepatan 3 m/s sebesar 0.686986 Nm.
2. Daya turbin angin pada sistem flanged diffuser terbaik diperoleh sudut 30° dengan daya sebesar 331.9886999 watt pada kecepatan 6 m/s. ini dikarenakan entrance dan torsi sangat mempengaruhi peningkatan daya angin.
3. Penggunaan diffuser menyebabkan peningkatan kecepatan angin di area entrance. Entrance tertinggi yg diperoleh adalah 12.409 m/s pada kecepatan angin 6 m/s dengan sudut flange 30° sebesar 106.81667% atau 2.07 kali lipat kecepatan angin. Peningkatan kecepatan angin entrance terjadi karena adanya perbedaan laju aliran pada daerah diffuser sehingga aliran angin berpusat pada rongga diffuser. Hal tersebut menyebabkan terjadinya turbulensi dalam diffuser yang menyebabkan efek hambatan aliran.

Daftar Pustaka

- [1] Agung, A.I., 2013, Potensi Sumber Energi Alternatif Dalam Mendukung Kelistrikan Nasional, *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, Vol. 2, No. 2, p.895.
- [2] Atmadi, S dan Fitroh, A.J., 2011, Simulasi Penggunaan Diffuser Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal Untuk Kenaikan Daya, *Jurnal Teknologi Dirgantara*, Vol. 9, No. 1, p.41.
- [3] Cao, H., 2011, Aerodynamics Analysis of Small Horizontal Axis Wind Turbine Blades by Using 2D and 3D CFD Modeling, School of Computing Engineering and Physical Sciences at The University of Central Lancashire, Preston, England.
- [4] Cengel, Y.A., and Cimbala, J.M. (2018). *Fluid Mechanics: Fundamentals And Applications*, Fourth Edition. McGraw-Hill Education.
- [5] Daryanto, Y., 2007, *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*, BALAI PPTAGG – UPT-LAGG, Yogyakarta.
- [6] Falahti, A., Darmawan,A., Kurniadi,C.B., Napitupulu,A.T., Sihotang,G.S., Kurniasih,T.N., Kusumawanto,A., Supriadi,A., Isra,A.,dan Hernawati,S., 2013, *Kajian Supply Demand Energy*, p.57, Pusat Data Dan Teknologi Informasi Energi Dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- [7] Fantoni, W.A., 2019, Analisa Daya Rotor Turbin Angin Skala Kecil dengan Simulasi Autodesk Simulation Computational Fluid Dynamic(CFD), Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- [8] Kannan, T.S., Mutasher, S.A., and Lau Y.H.K., 2013, Design and Flow Velocity Simulation of Diffuser Augmented Wind Turbine Using CFD, *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 8, No. 4, p 372-384
- [9] Ohya, Y., 2010, *A Shrouded Wind Turbine Generating High Output Power with Windlens Technology*, Kyushu University.
- [10] Ohya, Y., Karasudani, T., Sakurai, A., Abe, K., dan Inoue,M., 2008, Development of a shrouded wind turbine with a flanged diffuser, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 96, p.524-539.
- [11] Peterka JA, Meroney RN, Kothari KM., 1985, Wind Flow Patterns About Building. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 21(1): 21-38.
- [12] Sinaga,N., 2017, Analisis Aliran Pada Rotor Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan Pendekatan Komputasional, *Jurnal Teknik Energi*, Vol 13, No. 3, p.91.
- [13] Schubel, P.J dan Crossley, R.J., 2012, *Wind Turbine Blade Design*, Faculty of Engineering, Division of Materials, Mechanics and Structures, University of Nottingham, University Park, Nottingham NG7 2RD, UK.
- [14] Wang, S.H., dan Cheng, S.H., 2008, Blade number effect for a ducted wind turbine, *Journal Mechanical Science Technology*, vol. 22/ 1984-1992.
- [15] Wibowo, ATH., 2013, Studi Numerik Pengaruh Geometri Dan Desain Diffuser Untuk Peningkatan Kinerja Dawt (Diffuser Augmented Wind Turbine), *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 14, No. 2, p.96.
- [16] Wibowo, H., 2017, Pengaruh Sudut Serang Aerofoil terhadap Distribusi Tekanan dan Gaya Angkat, *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, Volume 2, p. 148-152