

ANALISA AERODINAMIK MODEL TURBIN ANGIN DENGAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) FLOW*

AERODYNAMIC ANALYSIS OF WIND TURBINE MODELS WITH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) FLOW

Fahri Hamdani, 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: fahri.hamdani11@gmail.com

ABSTRACT

Energy is a basic need for human existence. As for wind energy, this energy has a number of advantages and benefits. The most important part in the use of wind energy is the wind turbine. Wind turbines can convert wind speed energy to mechanical energy that can be used to generate electricity..

This research was carried out by using a simulation method with Autodesk Inventor and Autodesk Computational Fluid Dynamic software, which aims to determine torque and power for each variation of wind speed. Variations were made on turbines with 3 blades and input wind speed at the inlet wall from the boundary condition of 3 m/s-12 m/s.

The research results were displayed in the form of a graph of wind speed to rotor rotation, the number of 3 blades and wind speed to torque and rotor power. At each variation the wind speed is directly proportional to the rotation of the turbine, torque and power. It means that the greater the wind speed, the rotation of the turbine, the greater the torque and power of the Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT).

The torque obtained on the 3 blade k-epsilon turbine with $v = 3$ m/s is 0.969 N.m and $v = 12$ m/s is 12.061 N.m. while k-omega with $v = 3$ m/s is 0.505 N.m and $v = 12$ m/s is 7.903 N.m. 4. The power obtained from the 3 blade k-epsilon turbine with $v = 3$ m/s is 25.760 Watt and $v = 12$ m/s is 1282.503 Watt. while k-omega with $v = 3$ m/s is 13.445 Watt and $v = 12$ m/s is 840.332 Watt.

Keywords: Energy, wind turbine, horizontal axis wind turbine (HAWT), autodesk computational fluid dyanamic, k-epsilon dan k-omega

1. Pendahuluan

Energi menjadi kebutuhan mendasar bagi keberlangsungan hidup manusia. Meningkatnya kebutuhan penggunaan energi listrik dikalangan masyarakat dan ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil yang semakin menipis. Alternatif sumber energi terbarukan sebagai cadangan ketika sumber energi habis, dimana energi terbarukan akan menyimpan banyak energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia antara lain: energi yang berasal dari biomassa, panas bumi (*geothermal*), cahaya surya, ataupun salah satunya memanfaatkan energi angin.

Adapun untuk energi angin, energi ini memiliki sejumlah keuntungan dan manfaat karena tenaga angin merupakan sumber energi gratis dan melimpah di sebagian besar wilayah bumi. dapat dijadikan sebagai sumber energi yang tak habis-habisnya dan akan membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Di sisi lain, biaya per kWh tenaga angin juga jauh lebih rendah dari pada tenaga surya. [13].

Salah satu bagian yang berperan penting dalam penggunaan energi angin yaitu turbin angin. Turbin angin disini dapat mengubah energi kecepatan angin menjadi energi mekanik. Turbin angin pembangkit listrik terdiri dari berbagai komponen dasar seperti rotor, generator, rantai penggerak, dan sistem kontrol. Rotor yang tersambung dengan sudu turbin digerakan oleh angin dengan kecepatan tertentu dan mengakibatkan generator yang telah terhubung dengan putaran dari rotor dapat menghasilkan energi listrik dalam batas pengaturan sistem kontrol untuk kelistrikan itu sendiri. Tipe turbin angin yang dijadikan sebagai bahan penelitian pada tugas akhir ini adalah turbin angin tipe sumbu horizontal. Keuntungan jenis kincir angin sumbu horizontal ini yaitu tingkat efisiensinya lebih tinggi, karena blades selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin sehingga dapat menghasilkan daya sepanjang putaran.

Daya angin maksimum yang dapat dihasilkan oleh turbin angin dengan luas sapuan rotor $0,592959 = (59,3\%)$ disebut batas Betz (diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz). Hal tersebut dicapai dengan daun turbin yang dirancang dengan sangat baik. Pada dasarnya turbin angin generator listrik hanya akan bekerja antara kecepatan angin minimum, yaitu kecepatan star C_s , dan kecepatan nominalnya C_r . [1].

NREL secara khusus telah mengeluarkan airfoil yang didesain untuk dimanfaatkan pada penggunaan sudu turbin angin skala kecil yang memiliki sifat aerodinamis yang baik dan noise kreteria yang rendah sehingga airfoil ini sangat baik digunakan untuk rancangan desain sudu turbin angin skala kecil. Selain itu ada juga jenis Airfoil Wortman yang sebenarnya digunakan dalam dunia aeronutika sebagai sayap pesawat. Namun, semakin berkembangnya dunia teknologi saat ini, penggunaan airfoil Wortman dapat juga diaplikasikan untuk geometri pembangkit listrik tenaga angin karena desain sudu memiliki tingkat kebisingan yang rendah dan tidak mengganggu lingkungan.

Selain itu, rancangan aerodinamik yang sangat baik akan meningkatkan efisiensi sudu dan efisiensi rotor. Pertimbangan aerodinamik yang tepat diharapkan dapat memberikan rekomendasi bentuk sudu dan rotor yang tepat sehingga memiliki efisiensi cukup untuk menghasilkan gaya yang bekerja pada poros yang dihasilkan oleh gaya dorong pada sumbu kincir dimana gaya dorong ini memiliki jarak terhadap sumbu poros yang berputar (Torsi). Terdapat beragam metode yang digunakan untuk merancang dan menganalisis performa sudu turbin angin yaitu *Blade Element Momentum Theory* (BEMT) dan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Metode tersebut telah digunakan untuk menginvestigasi dan menganalisis desain sudu, [17].

Dengan bantuan *software Computational Fluid Dynamics* (CFD), para peneliti dapat menganalisis dan merancang turbin angin yang lebih baik dan lebih murah dari segi biaya perancangan. Perancangan dengan menggunakan *software* CFD merupakan tolak ukur sebagai perkiraan dalam merancang dan membuat turbin angin yang sebenarnya [3].

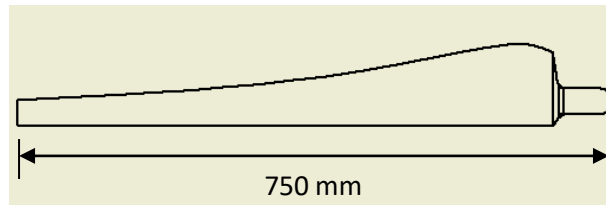
Media CFD mensimulasikan gerak fluida berdasarkan pada suatu kondisi dengan menggunakan dasar-dasar perhitungan fluida bergerak. Simulasi CFD dapat memprediksi secara rinci pergerakan angin (fluida bergerak) di sekitar obyek penelitian, baik di dalam maupun di luar bangunan. Simulasi CFD saat ini banyak digunakan sebagai salah satu metode penelitian dalam pengembangan alternatif rancangan penghawaan alami. Hal ini karena simulasi CFD relatif lebih murah dan kondisi batasan obyek penelitian yang mudah dikontrol (Santamouris dan Allard, 1998). Namun demikian, karena model simulasi CFD menggunakan banyak asumsi, akurasi model tersebut harus divalidasi dengan menggunakan data eksperimen lainnya sebagai pembandingan, seperti *on-site experiment*, *wind-tunnel experiment*, dan perhitungan matematika (*numerical validation*).

Hal inilah yang membuat penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis besarnya torsi dan daya yang dihasilkan pada berbagai kecepatan angin dengan rotor yang bergerak menggunakan metode simulais CFD. Pemodelan ini dapat mempermudah, mempercepat, dan lebih hemat biaya dari sisi penelitian dibandingkan dengan cara *experimental* laboratoirum dan lapangan.

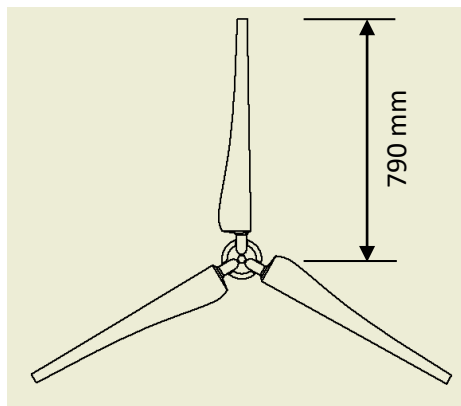
2. Bahan dan Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laptop intel® core™ i5-4210U CPU @ 1.70GHz, RAM 12GB, Windows 10 Pro, Gambar dan desain teknik diperoleh dari penelitian Bapak I Kade Wiratama, ST., M.Sc., Ph.D Mengenai turbin angin seperti yang ditunjukkan gambar 1 dan

gambar 2, Perangkat lunak AutoDesk Inventor Profesional 2019 dan AutoDesk Computational Fluid Dynamic 2019.

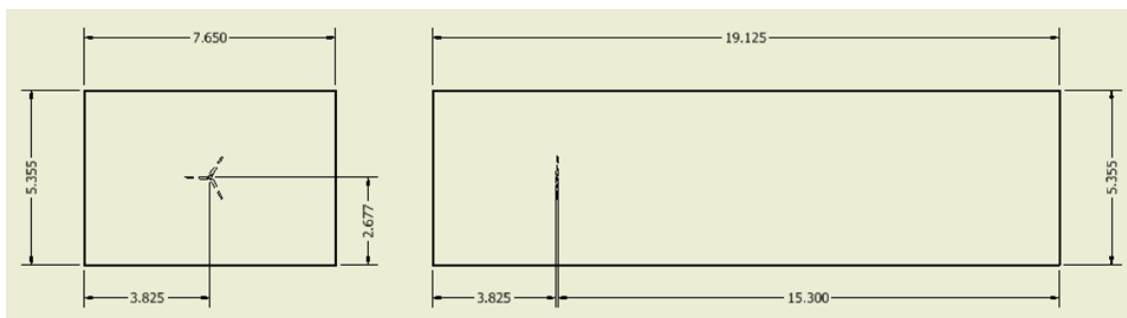


Gambar 1 Panjang blade.



Gambar 2 Jari-jari turbin angin.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yang pertama menentukan desain bilah pada gambar 1 dan 2 kemudian gambar volume external dan turbin seperti gambar 3.



Gambar 3 Desain volume external dan turbin angin.

Yang kedua menggunakan persamaan 1 untuk mengetahui putaran turbin yang tersedia.

$$\omega = \frac{\lambda x V}{R} \quad (1)$$

ω adalah kecepatan sudut (Rad/s) yang akan digunakan untuk menentukan putaran turbin; λ adalah *tip speed ratio* yang dapat ditentukan dari grafik C_p terhadap tsr ; R adalah jari-jari bilah; V adalah kecepatan angin (m/s). Persamaan 1 dapat dikonversi ke persamaan 2 dengan tujuan mendapatkan nilai Rpm yang akan diinput pada *set up* CFD.

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

n adalah kecepatan putar dari rotor (Rpm); ω adalah kecepatan sudut (Rad/s); 60s nilai waktu dalam 1 menit; dan π dengan nilai 3,14

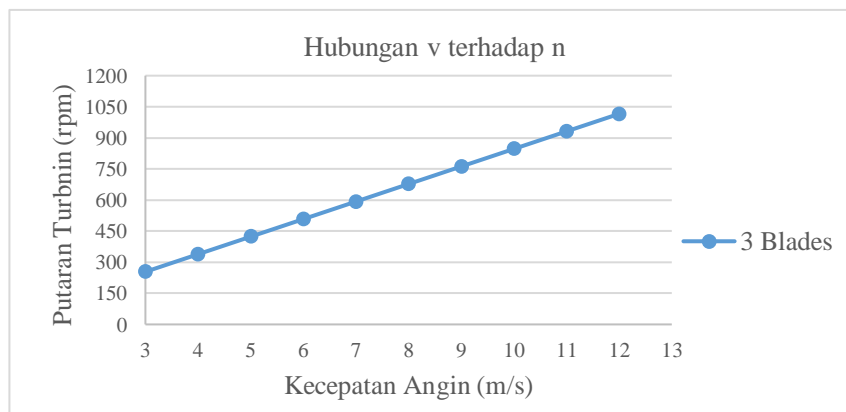
$$P = T \cdot \omega \quad (3)$$

P adalah daya rotor (Watt); T adalah torsi (N.m) yang diperoleh dari hasil running simulasi; ω adalah kecepatan sudut (Rad/s).

Validasi mengetahui apakah hasil dari penelitian yang dihasilkan sudah valid. Langkah yang digunakan yaitu melalui perbandingan jumlah terhadap kecepatan angin di inlet dan outlet yang diperoleh dalam *Simulation report*, kemudian dengan persamaan 4 untuk mencari nilai *error* pada penelitian dan *error* tidak boleh lebih dari 5%.

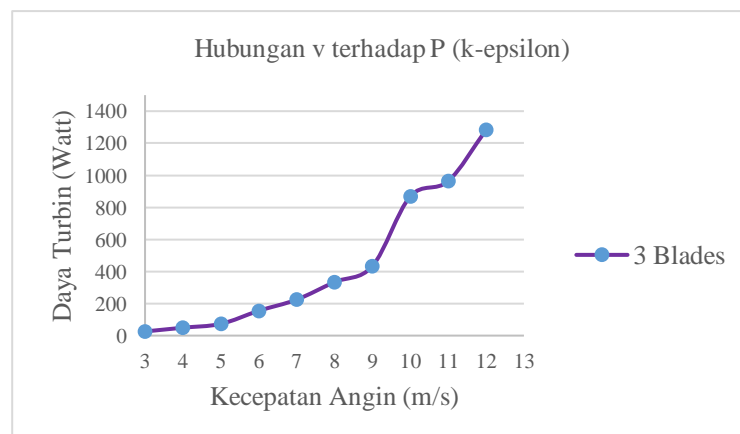
$$Error = 100 - \left(\frac{v_{out}}{v_{in}} \times 100 \right) \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

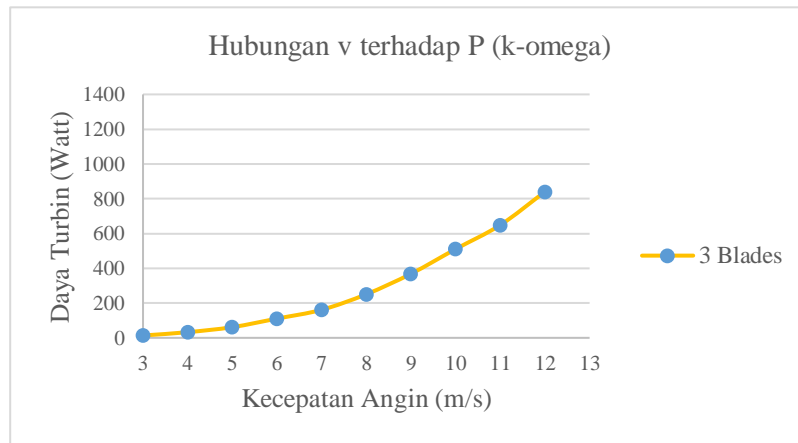


Gambar 4 Hubungan kecepatan angin terhadap putaran turbin horizontal axis wind turbine (HAWT) 3 blade

Dari gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran turbin horizontal axis wind turbine (HAWT) yang dihasilkan, artinya semakin besar kecepatan angin yang diberikan, maka semakin besar putaran horizontal axis wind turbine (HAWT) yang dihasilkan, semakin besar energi yang diberikan oleh angin terhadap horizontal axis wind turbine (HAWT) maka energi yang dapat dikonversikan horizontal axis wind turbine (HAWT) menjadi putaran turbin semakin meningkat.

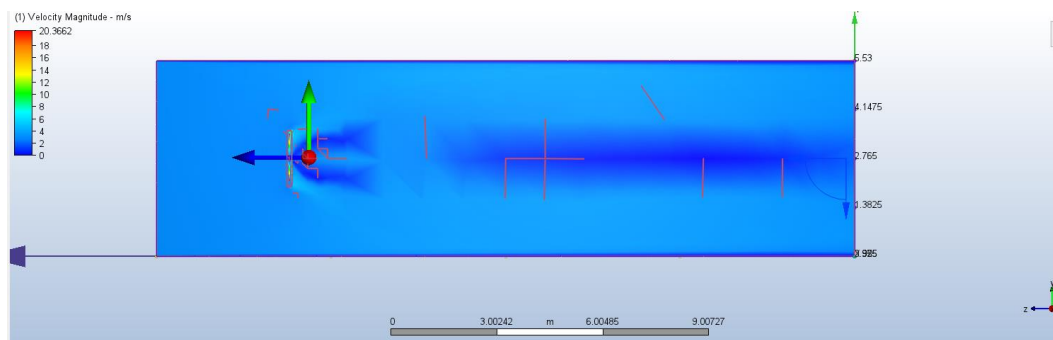


Gambar 5 Hubungan kecepatan angin terhadap daya horizontal axis wind turbine (HAWT) k-epsilon



Gambar 6 Hubungan kecepatan angin terhadap daya *horizontal axis wind turbine (HAWT) k-omega*

Gambar 5 dan 6 memperlihatkan perbedaan kecepatan angin akan mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan pada jumlah 3 *horizontal axis wind turbine (HAWT)*. Daya turbin minimal *horizontal axis wind turbine (HAWT)* dihasilkan pada variasi kecepatan angin 3 m/s sebesar 25,760 Watt untuk *k-epsilon* dan 13.445 Watt untuk *k-omega*. sedangkan daya turbin maksimal *horizontal axis wind turbine (HAWT)* dihasilkan pada kecepatan angin 12 m/s sebesar 1282,503 Watt untuk *k-epsilon* dan 840,332 Watt untuk *k-omega*.



Gambar 7 *Plane YZ Simulation report horizontal axis wind turbine (HAWT) 3 blades k-omega*

Plane YZ menunjukkan hasil simulasi berupa kecepatan angin di daerah bidang *YZ external volume* sebelum dan sesudah melewati *horizontal axis wind turbine (HAWT)*. Berdasarkan *plane YZ* pada gambar 7 warna biru muda menunjukkan kecepatan angin 3 m/s dan warna biru tua menunjukkan kecepatan angin rendah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan hasil perhitungan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada setiap variasi kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran turbin, torsi dan daya *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)* yang berarti semakin besar kecepatan angin maka putaran turbin, torsi dan daya *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)* semakin besar.

2. Torsi yang diperoleh pada turbin 3 *blade k-epsilon* dengan kecepatan angin 3 m/s adalah 0.969 N.m dan kecepatan angin 12 m/s adalah 12.061 N.m.
3. Torsi yang diperoleh pada turbin 3 *blade k-omega* dengan kecepatan angin 3 m/s adalah 0.505 N.m dan kecepatan angin 12 m/s adalah 7.903 N.m.
4. Daya yang diperoleh pada turbin 3 *blade k-epsilon* dengan kecepatan angin 3 m/s adalah 25.760 Watt dan kecepatan angin 12 m/s adalah 1282.503 Watt
5. Daya yang diperoleh pada turbin 3 *blade k-omega* dengan kecepatan angin 3 m/s adalah 13.445 Watt dan kecepatan angin 12 m/s adalah 840.332 Watt

Daftar Pustaka

- [1] Andika, M. N., Trharyanto, Y. T. Prasetya, R. O., 2007, *Kincir Angin Sumbu Horizontal Bersudu Banyak*, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia.
- [2] Aryanto, F., Mara, I.M., Nuarsa, M., 2013, *Pengaruh Kecepatan Angin dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal*, *Dinamika Teknik Mesin*, Vol 3
- [3] Castillo, 2011, *Small-scale vertical axis wind turbine design*, Tamper university of applied science.
- [4] Daryanto, Y., 2007, *Kajian Potensi Energi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin*, BALAI PPTAGG – UPT – LAGG, Yogyakarta.
- [5] Fantoni, A.W., 2019, *Analisa Daya Rotor Turbin Angin Skala Kecil Dengan Simulasi Autodesk Simulation Computational Fluid Dynamic (CFD)*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Indonesia.
- [6] Hadi, A., Kamal, S., 2017, *Simulasi Numerik Aerodinamika Turbin Angin Poros Horizontal Hybrid Solar Cell*, Prosiding Seminar Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- [7] Hau, E., 2013, *Wind Turbines, Fundamentals, Technologies, Application, Economics, 3rd Edition*, Terjemahan Horst von Renouard, Springer, London, UK.
- [8] Hermawan, D., Istiasih, H., Rohman, F., 2016, *Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal*, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri, Indonesia.
- [9] Kishore, R. A., Coudron, T., dan Priya, S., 2013, *Small Scale Wind Energy Portable Trubien (SWEPT)*, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 116, p. 21.
- [10] Manwell, J.F., Mcgowan, J.G., dan Rogers A.L., 2009. *Wind Energy Explained*. Wiltshire: CPI Antony Rowe.
- [11] Pikatan, dan Sugata, 1999, *Konversi Energi Angin*. Surabaya: Departemen Mipa Universitas Surabaya.
- [12] Santamouris, M., Allard, F., 1998, *Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook*, James & James, London, UK
- [13] Schubel, Peter J. 2012. Wind turbine blade design. *Jurnal Enesis*. Nottingham. Inggris Raya.
- [14] Tummala, A., Velamati, R. K., Sinha, D. K., Indraja, V., Krishna, V. H., 2015, *A Review on Small Scale Wind Turbines*. *Journal of Sustainable Energy Reviews*, Vol. 56, p. 1351.

- [15] Umanand, Prof. L., 2007, *Non-Conventional Energy Systems*. Bangalore: Indian Institute of Science Bangalore.
- [16] Wiratama, I. K., 2012, *Aerodynamic Design of Wind Turbine Blades Utilising Nonconvensional Control Systems*, University of Northumbria, Newcastle, United Kingdom.
- [17] Wiratama, I. K., Mara, I. M., dan Prina, L. E. F., 2014, *Pengaruh Jumlah Blade dan Variasi Panjang Chord Terhadap Performansi Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)*, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Indonesia.