

Analisis CFD Pengaruh Konfigurasi Sudu Rotor Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Zephyr Dengan 16 Sudu Statis

Andra Mawan^{1*}, Ismail¹

¹Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila

*Email Corresponding Author: red.generation681@gmail.com, ismail@univpancasila.ac.id

ABSTRAK

Konfigurasi desain turbin angin sumbu vertikal tipe *zephyr* dianalisis untuk memprediksi aliran fluida melalui turbin angin sumbu vertikal *Zephyr*. Simulasi aliran udara melalui rotor turbin dilakukan untuk menganalisis karakteristik turbin angin tipe *zephyr* beroperasi pada kecepatan angin rendah. Metode penelitian dengan melakukan simulasi CFD menggunakan ANSYS *Fluent* dengan konfigurasi turbin angin 2 sudu rotor, 4 sudu rotor dan 8 sudu rotor dengan 16 sudu statis, pada variasi kecepatan 1 m/s sampai 5 m/s, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik aliran mengenai turbin dan performansi turbin. Performansi turbin yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan angin yang diterima dengan performansi turbin maksimal diperoleh pada 8 sudu rotor dengan 16 sudu statis.

Kata Kunci: CFD, Rotor, Sudu, Turbulen, Turbin Angin

ABSTRACT

Vertical axis wind turbine design configuration zephyr analyzed to predict flow fluid through a vertical axis wind turbine Zephyr. Simulation of air flow through the turbine rotor was carried out to analyze the characteristics of this type of wind turbine zephyr operates at low wind speeds. The research method is by carrying out CFD simulations using ANSYS Fluent with a wind turbine configuration of 2 rotor blades, 4 rotor blades and 8 rotor blades with 16 static blades, at varying speeds of 1 m/s to 5 m/s. This test was carried out to determine the flow characteristics of the turbine and turbine performance. The resulting turbine performance is influenced by the received wind speed with maximum turbine performance obtained on 8 rotor blades with 16 static blades.

Keywords: CFD, Rotor, Blade, Turbulent, Wind Turbine

PENDAHULUAN

Turbin angin terbagi menjadi dua yaitu turbin angin sumbu horizontal (HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal (VAWT). Turbin angin sumbu vertikal dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu berbasis *drag dan lift*. Kelebihan dari VAWT adalah dapat menerima angin dari segala arah. Ini mensesederhanakan desain, mengurangi biaya konstruksi, dan memudahkan pemasangan [1-3]. Terkait dengan penelitian ini, penelitian sebelumnya dilakukan [4] mengenai turbin angin sumbu vertikal *zephyr* dengan analisis numerik 2-D untuk menganalisis karakteristik kinerja konfigurasi sudu rotor yang dimodifikasi, hasilnya berguna di dalam menentukan jumlah sudu yang optimal tergantung kecepatan angin, terutama di zona kecepatan angin rendah. Turbin angin *Zephyr* dapat diinstal setiap lokasi terlepas dari perubahan kecepatan angin yang terjadi. Kecepatan putar rotor dapat diperbaiki melalui optimasi geometri dengan variasi *stator* yang terbukti meningkatkan performansi [4]. Turbin angin sumbu vertikal tipe

Savonius. Tipe turbin tersebut menjadi pilihan yang tepat karena sesuai dengan karakteristik angin di lingkungan perkotaan dan mudah dibuat. Hal ini berbeda sekali dengan turbin angin horizontal yang umumnya jauh dari perkotaan, dan memerlukan kecepatan angin yang besar [5]. Beberapa kelebihan turbin angin Savonius antara lain: mampu beroperasi pada kondisi angin yang turbulen dan fluktuatif pada lingkungan perkotaan. Namun turbin Savonius memiliki kekurangan efisiensi yang lebih rendah dibanding turbin jenis lain, penelitian-penelitian sebelumnya rata-rata mendapatkan koefisien *power* turbin Savonius antara 0,10-0,25. Beberapa peneliti untuk meningkatkan efisiensi melakukan penambahan komponen di sekitar turbin angin vertikal, contohnya plat deflektor sederhana. Penambahan plat deflektor pada prinsipnya mengurangi torsi negatif yang terjadi pada salah satu sudu, sehingga torsi total turbin meningkat [6]. Beberapa penelitian sebelumnya menyelidiki pengaruh ODGV terhadap efisiensi pada beberapa jenis turbin angin vertikal. Variabel-variabel yang membedakan desain ODGV dari berbagai

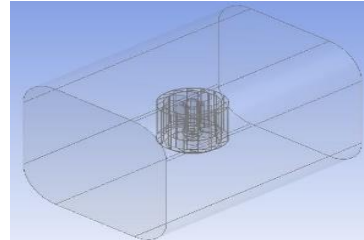
penelitian antara lain: profil sudu, sudut, jumlah, dan dimensi *guide vane*. Cara memprediksi pengaruh ODGV terhadap turbin angin vertikal, penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Penggunaan simulasi CFD dapat dilakukan dengan tidak terbatas, dari analisis dan optimasi tanpa membuat konstruksi dari beberapa turbin dengan konfigurasi geometri berbeda, seperti koefisien torsi, *power* dan tekanan pada rotor dapat diprediksi [7]. Turbin angin vertikal tipe savonius dengan hasil simulasi menunjukkan nilai C_p yang berbeda-beda pada turbin angin dengan sudut kemiringan sudu yang berbeda-beda. Variasi penambahan sudut kemiringan sudu turbin vertikal jenis savonius dengan sudut kemiringan sudu 90° dapat meningkatkan efisiensi sudu turbin jika dibandingkan dengan turbin yang memiliki sudut kemiringan sudu 30° , dan 60° hal ini dibuktikan dengan hasil analisis kecepatan angin, putaran dan intensitas turbulensi [8]. Studi parametrik turbin angin sumbu vertikal ganda menggunakan CFD disimpulkan D-VAWT adalah turbin inovatif yang diusulkan untuk memperbaiki efisiensi aerodinamis VAWT berukuran kecil [9]. Investigasi terhadap parameter pengaruh deflektor hulu pada poros vertikal mensimpulkan turbin angin keluaran daya melalui simulasi CFD tiga dimensi simulasi CFD 3D dilakukan pada dua turbin angin sumbu vertikal tegak lurus dengan deflektor hulu. Pengaruh parameter deflektor hulu pada kinerja turbin angin sumbu vertikal (VAWT) [10]. Alur kerja numerik untuk pengoptimalan dan sintesis bentuk 3D turbin angin sumbu vertikal pada operasi tertentu dengan pemodelan geometri berbasis *B-spline* tertanam mampu melakukan optimalisasi lokal maupun global optimasi tanpa geometri preset [11]. Parametrik turbin angin sumbu vertikal ganda menggunakan CFD menyimpulkan D-VAWT adalah turbin inovatif yang diusulkan untuk memperbaiki efisiensi aerodinamis dari VAWT kecil [12].

METODE PENELITIAN

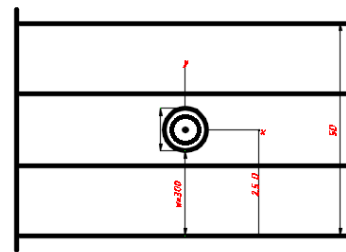
Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian adalah mendesain turbin angin vertikal *axis* tipe *zephyr* dengan dimensi sudu rotor berdiameter 300 mm dan tinggi 250 mm, sudu statis dengan diameter dalam 320 mm, diameter luar 400 mm kemudian tinggi sudu 320 mm dan lebar sudu adalah 80 mm, pengujian menggunakan *software ANSYS Fluent*.

Desain gambar menggunakan *software solidwork* yang akan dibuat dan dianalisis dengan menggunakan *software ANSYS Fluent*. Tipe *zephyr*

yang dipakai adalah dengan 16 sudu statis. Dimensi turbin *zephyr* di antaranya diameter turbin, *aspect ratio*, tinggi turbin, *swept area*, dan *tip speed ratio*. Simulasi yang dilakukan dengan posisi turbin ditempatkan menjadi 1 susunan turbin angin, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Model Turbin Zephyr



Gambar 2 2D Single Turbin Zephyr

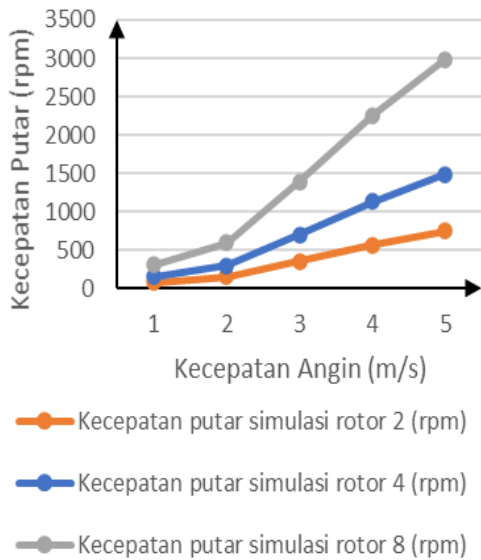
Gambar 2 menunjukkan 2D model *single turbin zephyr* yang dibuat dengan bantuan *software solidwork*. Turbin yang dibuat memiliki ukuran dengan dimensi sudu rotor berdiameter 300 mm dan tinggi 250 mm dan sudu statis dengan diameter dalam 320 mm serta diameter luar 400 mm kemudian tinggi sudu 320 mm dan lebar sudu adalah 80 mm. Turbin yang dibuat ditempatkan pada bagian uji dengan posisi *center*.

Konfigurasi simulasi turbin angin 2 sudu rotor, 4 sudu rotor dan 8 sudu rotor dengan 16 sudu statis, pada variasi kecepatan 1 m/s sampai 5 m/s, simulasi ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik aliran mengenai turbin dan performansi turbin.

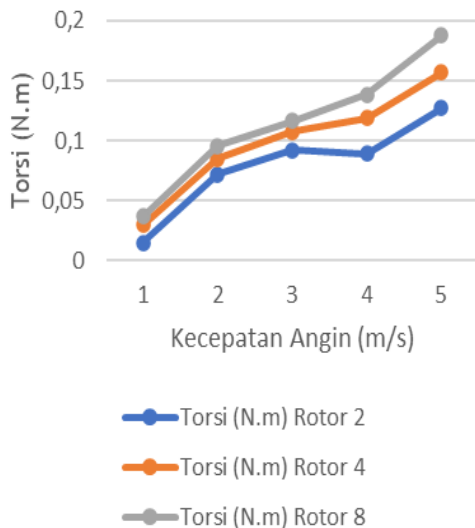
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 3 menunjukkan data variasi kecepatan angin dengan kecepatan putar. Meningkatnya kecepatan angin dari kecepatan 1 m/s sampai 5 m/s diiringi meningkatnya kecepatan putar secara signifikan. Kecepatan putar terendah dihasilkan dari

kecepatan angin 1 m/s pada rotor 2 sebesar 78 rpm, kecepatan angin 1 m/s pada rotor 4 sebesar 155 rpm, kecepatan angin 1 m/s pada rotor 8 sebesar 310 rpm. Kecepatan putar tertinggi dihasilkan oleh kecepatan angin 5 m/s pada rotor 2 sebesar 746 rpm, kecepatan angin 5 m/s pada rotor 4 sebesar 1491 rpm, kecepatan angin 5 m/s pada rotor 8 sebesar 2981 rpm.

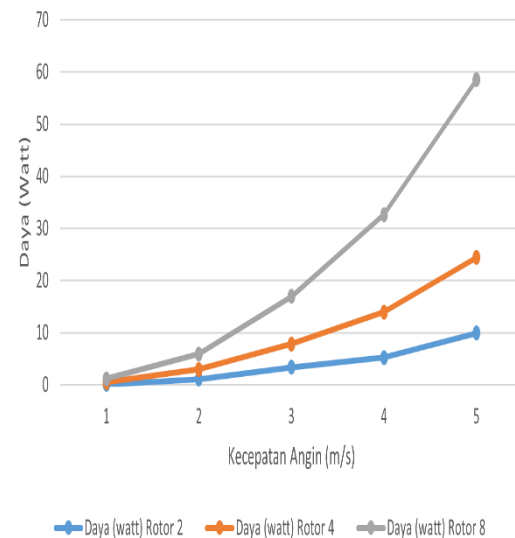


Gambar 3 Kecepatan Angin Terhadap Kecepatan Putar.



Gambar 4 Kecepatan Angin dengan Daya

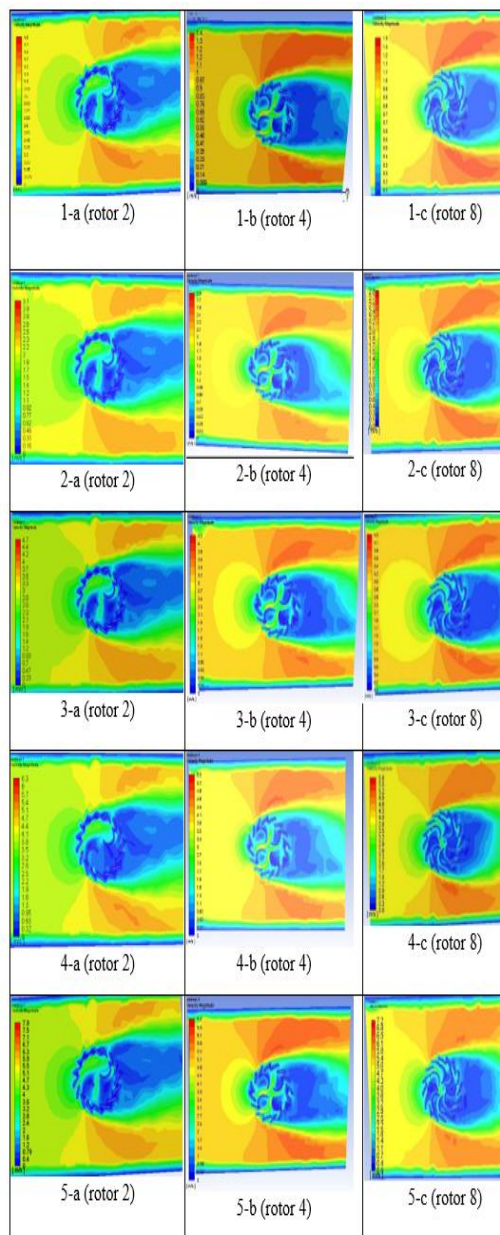
Gambar 4 menunjukkan kecepatan angin berdampak pada meningkatnya torsi yang dihasilkan oleh turbin secara signifikan. Torsi terendah yang dihasilkan dari kecepatan angin 1 m/s pada rotor 2 sebesar 0,01461 Nm, dan yang tertinggi dihasilkan oleh kecepatan angin 5 m/s pada rotor 2 sebesar 0,127094 Nm. Torsi terendah yang dihasilkan dari kecepatan angin 1 m/s pada rotor 4 sebesar 0,02957 Nm, dan yang tertinggi dihasilkan oleh kecepatan angin 5 m/s pada rotor 4 sebesar 0,156541 Nm. Torsi terendah dihasilkan dari kecepatan angin 1 m/s pada rotor 8 sebesar 0,03682 Nm, dan yang tertinggi dihasilkan oleh kecepatan angin 5 m/s pada rotor 8 sebesar 0,187649 Nm.



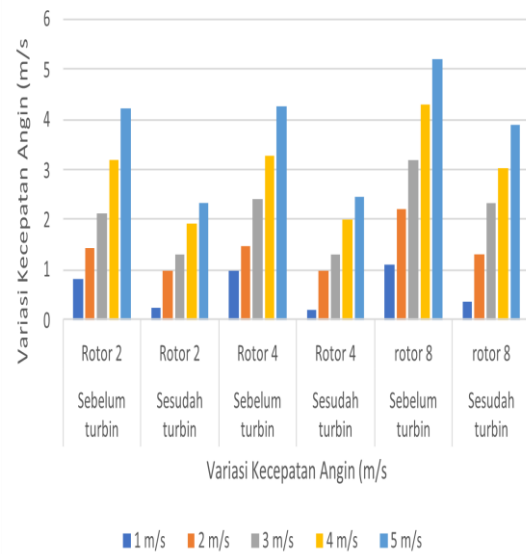
Gambar 5 Kecepatan Angin dengan Daya

Gambar 5 menunjukkan peningkatan kecepatan angin berdampak pada meningkatnya daya yang dihasilkan oleh turbin secara signifikan. Daya terendah yang dihasilkan dari kecepatan angin 1 m/s pada rotor 2 sebesar 0,1192 Watt, dan yang tertinggi dihasilkan oleh kecepatan angin 5 m/s pada rotor 2 sebesar 9,9236 Watt. Daya terendah yang dihasilkan dari kecepatan angin 1 m/s pada rotor 4 sebesar 0,4797 Watt, dan yang tertinggi dihasilkan oleh kecepatan angin 5 m/s pada rotor 4 sebesar 24,4294 Watt. Daya terendah yang dihasilkan dari kecepatan angin 1 m/s pada rotor 8 sebesar 1,1944 Watt, dan yang tertinggi dihasilkan oleh kecepatan angin 5 m/s pada rotor 8 sebesar 58,5485 Watt.

Gambar 6 menunjukkan kontur kecepatan angin sebelum dan sesudah mengenai turbin pada rotor 2, rotor 4, dan rotor 8 pada kecepatan 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s. Kontur kecepatan masing-masing variasi kecepatan angin memperlihatkan pola yang berbeda. Perbedaan yang signifikan terlihat pada tiap rotor untuk masing-masing kecepatan yang berbeda baik pada saat kecepatan mengenai turbin maupun setelah melewati turbin.

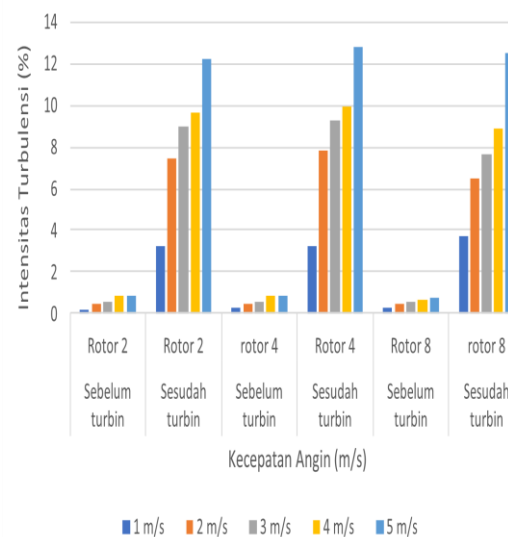


Gambar 6 Kontur Kecepatan Angin pada Turbin



Gambar 7 Kecepatan Angin Sebelum dan Sesudah Mengenai Turbin

Gambar 7 menunjukkan kecepatan angin sebelum dan sesudah turbin menunjukkan posisi kecepatan angin sebelum mengenai turbin dan terjadi penurunan kecepatan sesudah turbin pada kecepatan 1 m/s pada rotor 2 yaitu 0,23 m/s dan 5 m/s pada rotor 2 sebesar 2,34 m/s, kecepatan 1 m/s pada rotor 4 sebesar 0,22 m/s dan 5 m/s pada rotor 4 yaitu 2,45 m/s dan pada kecepatan 1 m/s pada rotor 8 yaitu 0,38 m/s dan 5 m/s pada rotor 8 yaitu 3,9 m/s.



Gambar 8 Intensitas Turbulensi Sebelum dan Sesudah Turbin

Gambar 8 menunjukkan intensitas turbulensi sebelum dan sesudah turbin menunjukkan intensitas turbulensi sebelum turbin mengalami penurunan dan sesudah turbin mengalami peningkatan pada variasi kecepatan angin 1 m/s hingga 5 m/s.

B. Kesimpulan

Performansi daya keluaran turbin angin sumbu vertikal tipe *zephyr* dengan 8 sudu rotor dan 16 sudu statis lebih tinggi dibandingkan dengan 2 sudu rotor dan 16 sudu statis dan 4 sudu rotor dan 16 sudu statis, meningkatnya variasi kecepatan angin mempengaruhi peningkatan kecepatan putar turbin, sehingga putaran turbin maksimal pada kecepatan angin 5 m/s.

Daftar Pustaka

- [1]. Ismail, E. Pane, and Triyanti, "Optimasi Perancangan Turbin Angin Vertikal Tipe Darrieus Untuk Penerangan Di Jalan Tol," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. November, p. 12, 2017.
- [2]. Ismail, S. Kamal, Purnomo, Sarjiya, and B. Hartono, "Economic Feasibility of Wind Farm: A Case Study for Coastal Area in South Purworejo, Indonesia," *Energy Procedia*, vol. 65, pp. 146–154, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.01.049.
- [3]. E. Erwin et al., "Analysis of near wake recovery scale model vawt hybrid wind turbin in wind tunnel," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 508, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/508/1/012068.
- [4]. J. O. Ajedegba, "Effects of Blade Configuration on Flow Distribution and Power a Thesis Submitted in Partial Fulfillment Master of Applied Science," 2008.
- [5]. Ismail and T. Arrahman, "Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Dengan Kapasitas 3 MW," *Presisi*, vol. 6, no. 3, p. 113, 2017.
- [6]. Mohamed, M.H., Janiga,G., Pap, E., Thévenin, D. Optimal blade shape of a modified Savonius turbine using an obstacle shielding the returning blade. *Energy Convers. Manag.*, 2011. vol. 52, no. 1, pp. 236–242.
- [7]. K. Pope et al., "Effects of stator vanes on power coefficients of a *zephyr* vertical axis wind turbine," *Renew. Energy*, vol. 35, no. 5, pp. 1043–1051, 2009.
- [8]. M. Masykur, A. Kurniadi, M. Saputra, and M. Murhaban, "Studi Numerik Pengaruh Sudut Kemiringan Sudu Terhadap Performa Turbin Angin Vertikal Tipe Savonius," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, p. 25, 2021, doi: 0.35308/jmkn.v7i1.3634.
- [9]. G. Ferrari, D. Federici, P. Schito, F. Inzoli, and R. Mereu, "CFD study of Savonius wind turbine: 3D model validation and parametric analysis," *Renew. Energy*, vol. 105, pp. 722–734, 2017
- [10]. X. Jin, Y. Wang, W. Ju, J. He, and S. Xie, "Investigation into parameter influence of upstream deflector on vertical axis wind turbines output power via three-dimensional CFD simulation," *Renew. Energy*, vol. 115, pp. 41–53, 2018.
- [11]. I. Marinić-Kragić, D. Vučina, and Z. Milas, "Numerical workflow for 3D shape optimization and synthesis of vertical-axis wind turbines for specified operating regimes," *Renew. Energy*, vol. 115, pp. 113–127, 2018.
- [12]. G. Naccache, "CFD Based Analysis and Parametric Study of a Novel Wind Turbine Design: the Dual Vertical Axis Wind Turbine," no. August, 2016.