

SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA TURBIN SAVONIUS DUA SUDU MENGGUNAKAN CFD

Sudirman^{1*}, Bambang Surono²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
Jalan Amal Lama No, 1 Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

²Jurusan Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: sudirman_dhuha@borneo.ac.id

Abstract

The savonius turbine blades are concave when receiving air pressure and convex when rotating in the direction of turbine rotation, making the savonius turbine have a fairly low efficiency compared to other types of turbines. This has become the object of attention of researchers to engineer the shape and treatment of the savonius turbine in order to improve the performance of the savonius turbine. Among them by observing the flow field that occurs around the savonius turbine. In this study, a numerical simulation of fluid flow in a two-blade Savonius turbine was used using CFD with a viscous spalart Allmaras model. Blade diameter (d); 150 mm, Gap (e); 22.5 mm, Outside diameter (D_0); 323 mm. Savonius in this study rotates clockwise or clockwise (CW). Based on the resulting velocity contour, dragging flow in this study is formed on the concave side of the advancing blade and contributes to the increase in the performance of the Savonius turbine. This is confirmed by visualizing the pressure contour. The pressure on the concave side is the largest pressure value on the two blades. Meanwhile, the stagnation flow formed can be observed by the pressure value on the convex side of the blade which rotates towards the up stream (advancing blade) and this contributes to reducing blade torque.

Keywords: savonius, CFD, pressure

Abstrak

Sudu turbin savonius yang berbentuk cekung saat menerima tekanan udara dan cembung saat berputar searah rotasi turbin menjadikan turbin savonius memiliki efisiensi yang cukup rendah dibandingkan dengan turbin jenis lainnya. Hal ini menjadi objek perhatian para peneliti untuk merencanakan bentuk dan perlakuan pada turbin savonius agar dapat meningkatkan performa turbin savonius. Diantaranya dengan mengamati medan aliran yang terjadi di sekitar turbin savonius. Pada penelitian ini digunakan simulasi numerik aliran fluida pada turbin savonius dua sudu menggunakan CFD dengan *viscous model spalart allmaras*. Diameter sudu (d); 150 mm, Gap (e); 22,5 mm, Diameter luar (D_0); 323 mm. Savonius pada penelitian ini berputar searah jarum jam atau *clockwise* (CW). Berdasarkan *contour* kecepatan yang dihasilkan, *dragging flow* pada penelitian ini terbentuk pada sisi cekung blade yang bergerak maju (*advancing blade*) dan berkontribusi pada peningkatan kinerja turbin savonius. Hal ini dipertegas dengan visualisasi *contour* tekanan. Tekanan pada sisi cekung adalah nilai tekanan terbesar pada kedua blade. Sedangkan *stagnation flow* yang terbentuk dapat diamati dengan nilai tekanan pada sisi cembung blade yang berputar ke arah *up stream* (*advancing blade*) dan hal tersebut berkontribusi mengurangi torsi blade.

Kata kunci: savonius, CFD, tekanan.

1. Pendahuluan

Pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dengan menggunakan turbin angin. Turbin angin mampu mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik dengan bantuan generator. Diantara jenis turbin angin yang banyak digunakan dan diteliti adalah turbin angin sumbu vertikal, dimana dalam penggunaannya dapat menggunakan aliran angin yang

berkecepatan rendah tanpa memperhatikan arah aliran angin. Hal ini sesuai dengan kondisi angin di Indonesia yang memiliki kecepatan angin rendah dan berubah-ubah. Berdasarkan hal tersebut, sehingga turbin savonius dapat digunakan di Indonesia dan khususnya di daerah penelitian yang akan diterapkan pada pengembangan penelitian lanjutan dari proposal ini yaitu di Kota

Tarakan dan daerah-daerah di provinsi Kaltara [1].

Pembuatan turbin savonius juga lebih mudah karena dibentuk dengan desain yang sederhana. Sudu turbin savonius yang berbentuk cekung saat menerima tekanan udara dan cembung saat berputar searah rotasi turbin menjadikan turbin savonius memiliki efisiensi yang cukup rendah dibandingkan dengan turbin jenis lainnya. Hal ini menjadi objek perhatian para peneliti untuk merekayasa bentuk dan perlakuan pada turbin savonius agar dapat meningkatkan performa turbin savonius.

Al-Ghriyah, dkk [2] meneliti pengaruh jarak antara *inner blades* terhadap performa turbin savonius. Diperoleh bahwa, terdapat pengaruh jarak antar sudu bagian dalam terhadap kinerja rotor Savonius dengan dua sudu. Peningkatan kinerja rotor savonius antara 9,35 % sampai 32,9 %. Untung Surya Dharma, dkk [3] melakukan pengujian pengaruh desain sudu terhadap unjuk kerja turbin savonius. Pengujian dilakukan dengan tiga variasi desain savonius berbeda dan dengan sembilan variasi kecepatan angin. Metode pengujian dilakukan dengan eksperimen dengan hasil efisiensi sistem terbaik sebesar 23 %. Pengaruh *auxiliary blades* pada kinerja turbin savonius telah diteliti dengan metode experimental oleh Kurniawan, dkk [4] konfigurasi *auxiliary blades* mampu meningkatkan torsi yang dihasilkan dibandingkan dengan turbin savonius biasa.

Pengaruh kecepatan angin dan konsentrasi angin pada sudu turbin savonius juga berpengaruh terhadap peningkatan kinerja turbin. Hal ini sebagaimana telah dilakukan pengujian pada turbin savonius oleh Sudirman, dkk [5], Promdee, Chatchai dan Photong, Chonlatee [6] demikian juga oleh Alit, Ida Bagus, dkk [7], dengan menggunakan konsentator aliran angin.

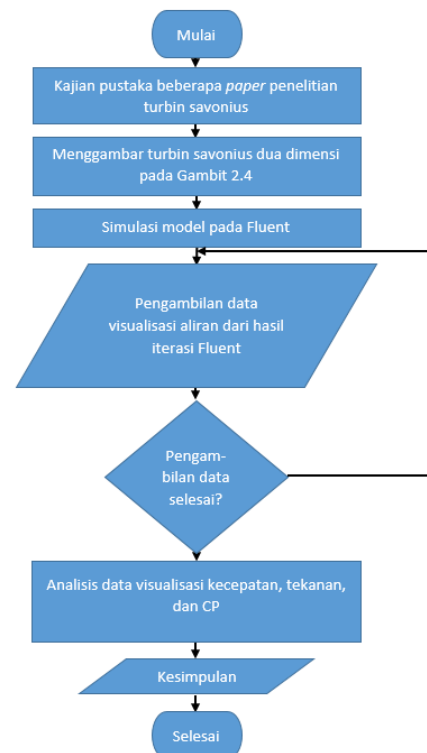
Metode simulasi CFD untuk mengamati performa turbin savonius telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya diantaranya Pranta, dkk [8],

Widyantama, dkk [9]. Pendekatan pola aliran dapat diamati dengan metode numerik. Sehingga dengan pengetahuan pola aliran tersebut, peneliti dapat memprediksi penyebab penurunan performa turbin savonius. Diantara hasil simulasi yang didapatkan yaitu contour kecepatan dan tekanan statis yang dapat diamati berupa vortex dan aliran resirkulasi [10]. Perbaikan model sudu juga dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada kinerja turbin savonius. [11]

2. Metode Penelitian

Diagram alir penelitian ini diuraikan pada Gambar 1. Kajian pustaka yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada hasil-hasil penelitian tentang turbin savonius sebagaimana diuraikan pada bagian pendahuluan.

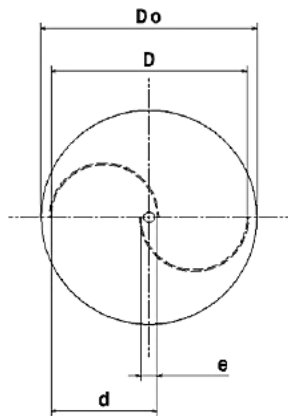
Hasil kajian pustaka yang dilakukan didapatkan rencana penelitian dengan untuk turbin savonius menggunakan dua sudu. Selanjutnya rancangan model turbin dua sudu digambar dengan menggunakan software Gambit 2.4. Dimensi savonius yang digambar sebagaimana pada Tabel 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

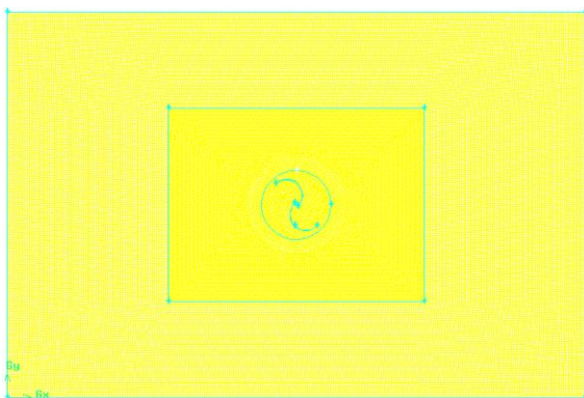
Tabel 1. Dimensi savonius 2 sudu

Diameter sudu (d)	150 mm
Gap (e) = $0.15 \times d$	22,5 mm
Diameter luar (D_0) = $1.1 \times h$	323 mm



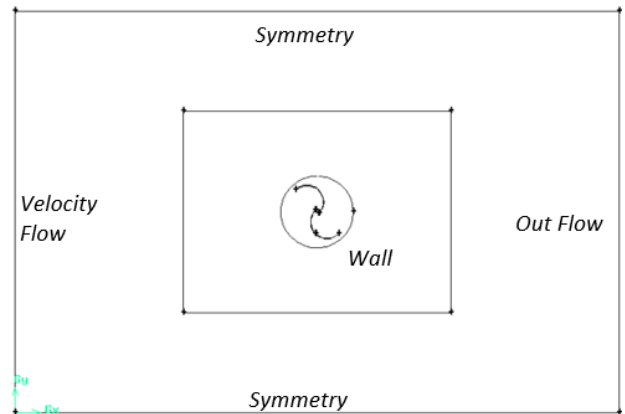
Gambar 2. Percobaan dengan savonius dua sudu

Demikian pula proses pembuatan mesh, dan menentukan kondisi batasnya dilakukan pada aplikasi Gambit 2.4. Pada Gambar 3 dan Gambar 4 ditampilkan hasil meshing dan kondisi boundary types yang dibuat pada Gambit 2.4. Jumlah elemen mesh yang terbentuk adalah 61.823 dan *worst elemen* sebesar 0,7



Gambar 3 Percobaan dengan savonius dua sudu

Selanjutnya proses persiapan iterasi dilakukan pada aplikasi Fluent. Diantaranya; mengatur persamaan yang digunakan, kondisi batas, propertis fluida, inisialisasi, chek grid, kontrol solver, dan iterasi. Pada Tabel 2 berikut dijelaskan rincian pengaturan pada Fluent.



Gambar 4 Skema domain simulasi

Tabel 2 Pengaturan pada Fluent

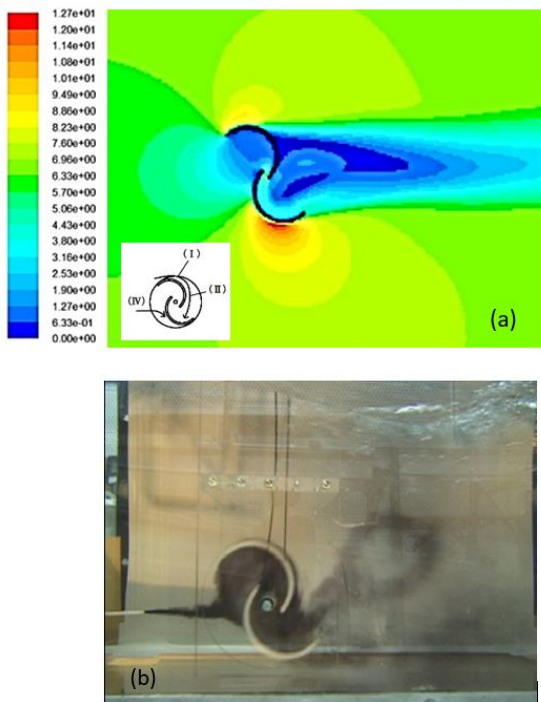
Uraian	Pengaturan Fluent
<i>Viscous model</i>	<i>Spalart-Allmaras</i>
<i>Material</i>	<i>Udara</i>
<i>Massa Jenis</i>	$1,17 \text{ kg/m}^3$
<i>Viskositas</i>	$1,85 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$
<i>Solution initialization</i>	<i>From inlet, velocity = 6,4 m/s</i>

3. Hasil dan Pembahasan

Rotor Savonius telah terbukti kinerjanya karena desainnya yang sederhana, biaya rendah dan torsi awal yang rendah pada kecepatan angin rendah meskipun efisiensinya rendah disebabkan oleh torsi negatif yang diterapkan pada sudu balik [10]. Kinerja rotor angin turbin savonius dapat dipengaruhi oleh parameter geometrik dan juga aliran udara. Parameter yang umum dipelajari berpengaruh diantaranya; pelat ujung, aspek rasio, jarak bucket, tumpang tindih bucket, jumlah bucket, tahapan rotor, bentuk bucket dan rotor, poros dan aksesori lainnya, bilangan Reynolds dan intensitas turbulensi, dan stator. Karena tidak ada metode analitis untuk optimasi turbin Savonius, yang mampu memprediksi kinerja dengan akurasi yang baik, penelitian eksperimental dan numerik dilakukan untuk memprediksi hasil yang optimal. Berdasarkan hasil penelitian

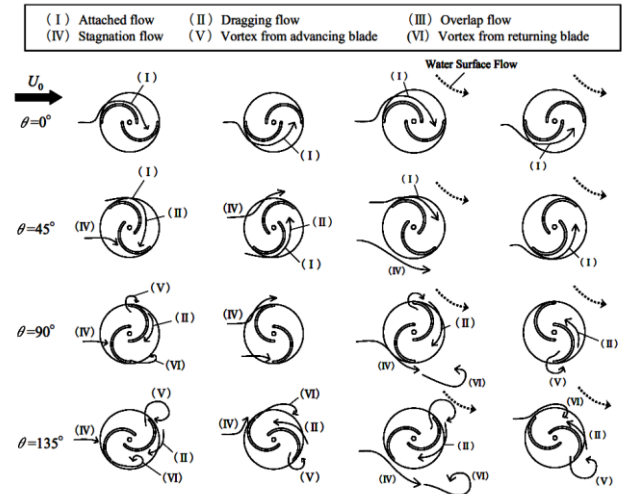
Suanggana, dkk [11] yang melakukan pengamatan turbin savonius dengan variasi 2 sudu, 3 sudu, dan 4 sudu dengan simulasi numerik didapatkan bahwa jumlah sudu dan sudut blade berpengaruh pada tekanan yang dihasilkan. Semakin bertambahnya sudu, maka tekanan semakin kecil.

Pada Gambar 5 ditampilkan hasil simulasi aliran fluida pada turbin savonius dua sudu menggunakan CFD dengan *viscous model spalart allmaras* pada penelitian ini.



Gambar 5. (a) Contour kecepatan dalam satuan m/s, (b) Pola aliran disekitar rotor[12]

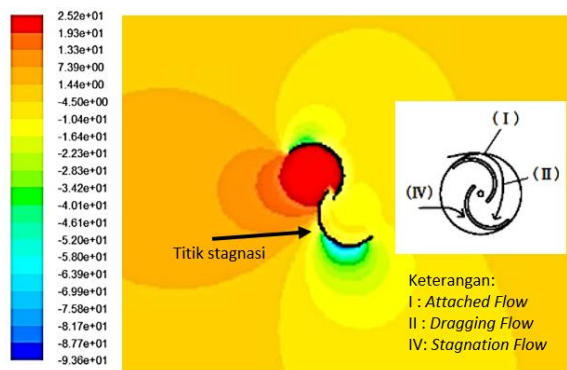
Aliran fluida pada turbin Savonius terdiri dari enam jenis aliran, masing-masing: *attached flow*, *dragging flow*, *overlap flow*, *stagnation flow*, *vortex* dari sudu yang maju dan *vortex* dari sudu yang kembali. *Attached flow* menghasilkan gaya angkat, sedangkan *dragging flow* dan *overlap flow* mengembalikan tekanan pada sisi cekung sudu balik, dan *stagnation flow* mempengaruhi reduksi daya [12]. Pada Gambar 6 ditampilkan ilustrasi dari enam jenis aliran tersebut.



(a) $H_c/D_R=0.20$, CW (b) $H_c/D_R=0.20$, CCW (c) $H_c/D_R=1.08$, CW (d) $H_c/D_R=1.08$, CCW

Gambar 6. Model aliran disekitar rotor [12]

Savonius pada penelitian ini berputar searah jarum jam atau *clockwise* (CW). *Contour* kecepatan pada Gambar 5 (a) dapat dijelaskan bahwa *dragging flow* pada penelitian ini terbentuk pada sisi cekung blade yang bergerak maju (*advancing blade*) dan berkontribusi pada peningkatan kinerja turbin savonius. Hal ini dipertegas dengan *contour* tekanan pada Gambar 7. Tekanan pada sisi cekung adalah nilai tekanan terbesar pada kedua blade. Sedangkan *stagnation flow* yang terbentuk dapat diamati dengan nilai tekanan pada sisi cembung blade yang berputar ke arah *up stream* (*advancing blade*) dan hal tersebut berkontribusi mengurangi torsi blade. Karena gradien tekanan yang menguntungkan adalah yang tekanannya menurun dalam arah aliran ($\partial p/\partial x < 0$). Hal ini dikatakan menguntungkan karena cenderung untuk mengatasi perlambatan partikel cairan yang disebabkan oleh gesekan pada *boundary layer*. Di sisi lain, gradien tekanan yang merugikan (*adverse pressure gradien*) adalah salah satu tekanan yang meningkat dalam arah aliran ($\partial p/\partial x > 0$); ini disebut merugikan karena akan menyebabkan partikel-partikel cairan di lapisan-batas melambat.[13]



Gambar 7. *Contour* Tekanan dalam satuan *Pascal*

Peningkatan tekanan pada sisi cekung *advancing blade* berkontribusi meningkatkan torsi aerodinamis pada turbin. Selain tekanan udara pada sisi cekung pada *returning blade* yang memang menghasilkan tekanan yang paling signifikan untuk memutar savonius searah jarum jam. Namun aliran stagnasi yang terbentuk pada *advancing blade* menjadikan tekanan yang digunakan untuk memutar blade searah jarum jam juga digunakan untuk mengatasi tekanan stagnasi tersebut yang cenderung mendorong blade berlawanan arah jarum jam. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 7.

4. Kesimpulan

Dihasilkan simulasi berupa *contour* kecepatan dan *contour* tekanan dari savonius turbin 2 sudu dengan dimensi, diameter sudu (d) = 150 mm, gap (e) = $0.15d$ = 22,5 mm, diameter luar (D_0) = $1.1h$ = 323 mm.

Pada kecepatan angin 6,4 m/s pada simulasi ini, savonius berputar searah jarum jam atau clockwise (CW). *dragging flow* pada terbentuk pada sisi cekung *blade* yang bergerak maju (*advancing blade*) dan berkontribusi pada peningkatan kinerja turbin savonius.

Sedangkan *stagnation flow* yang terbentuk dapat diamati dengan nilai tekanan pada sisi cembung *blade* yang

berputar ke arah *up stream* (*advancing blade*) dan hal tersebut berkontribusi mengurangi torsi *blade*.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LP2M Universitas Borneo Tarakan yang telah yang telah memberi dukungan sarana dan prasarana serta financial terhadap penelitian ini.

Referensi

- [1] Fadllullah, Arif., Riyanto, Sugeng., Sudirman, 2019. Pengembangan Aplikasi Analisis Potensi Angin Sebagai Sumber Energi Terbarukan Menggunakan Estimasi Parameter Weibull Berbasis Metode Power Density (Studi Kasus: Kota Tarakan). 09, 129-137
- [2] Al-Ghriyah, M., et al., 2021. The effect of spacing between inner blades on the performance of the Savonius wind turbine 43, 1–11
- [3] Dharma, U.S., Masherni, 2016. Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius 5, 138-148
- [4] Kurniawan, Yudi., dkk, 2016. Studi Eksperimental Kinerja Turbin Savonius Dengan Auxiliary Blades 8, 98-105
- [5] Sudirman, Santoso, H., 2019. Pengaruh pengarah angin dan kecepatan angin pada turbin savonius tiga sudu terhadap energi listrik yang dihasilkan 16, 122-127
- [6] Promdee, Chatchai dan Photong, Chonlatee, 2016, Effects of Wind Angles and Wind Speeds on Voltage Generation of Savonius Wind Turbine with Double Wind Tunnels 86, 401-404
- [7] Alit, Ida Bagus dkk, 2017, *Effect of Concentrator, Blade Diameter and Blade Number on the Savonius Wind*

- [8] Pranta, M.H., Rabbi, M.S., Roshid, M.M., 2021, A Computational Study on The Aerodynamic Performance of Modified Savonius Wind Turbine Results in Engineering 10, 1-9
- [9] Widyantama, F., dkk., 2021, Simulasi CFD Pengaruh Penggunaan Deflektor Pelat Lengkung terhadap Performa Turbin Air Savonius Sumbu Vertikal Dua Sudu 16, 234-240
- [10] Sanusi, Arifin., 2017, Simulasi Aliran Fluida pada Blade Rotor Turbin Angin Savonius dengan Computation Fluid Dynamics (CFD) 4, 11-15
- [11] Rendi, dkk., 2022, Simulasi CFD Mengembangkan Sudu Baru Berbasis Airfoil Untuk Peningkatan Kinerja Turbin Savonius 4, 166-172
- [12] Zemamou, M., et. al. 2017, Review of savonius wind turbine design and performance 141, 383-388
- [13] Suanggana, Doddy, dkk, 2021 Analisis Jumlah dan Sudut Blade terhadap Kecepatan dan Tekanan Turbin Air Savonius dengan Metode CFD 5, 119-129
- [14] Nakajima, Miyoshi., et al., 2008. Performance of Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hydraulic Turbine. Journal of Fluid Science and Technology 3, 420 – 429.
- [15] Fox and McDonald's., 2011. Introduction to Fluid Mechanics 8th Ed., John Wiley & Sons, Inc., USA