

Article

Analisa Kecepatan Angin Terhadap Tekanan Dan Kecepatan Aliran Turbin Angin Menggunakan *Computational Fluid Dynamics*. Studi Kasus Pada Turbin Savonius.

Muhammad Qiqi Husna Abai^{1*}, Althesa Androva^{1,2}, Hisyam Ma'mun^{1,2}, Adriana Anteng Anggorowati²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang, Jl. Sidodadi Timur No. 24, Dr. Cipto, Karangtempel, Semarang Tim., Kota Semarang, Jawa Tengah 50232.

² Program Studi Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jl. Kalijudan No. 37, Pacar Kembang, Kec. Tambaksari, Surabaya, Jawa Timur 60114.

* Corresponding author. E-mail address: qiqihusna65@gmail.com

Abstract: Pembangunan berkelanjutan menjadi topik penting dalam agenda global saat ini. Target pembangunan berkelanjutan telah ditetapkan oleh PBB melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang bertujuan untuk mencapai keberlanjutan di berbagai bidang seperti kesehatan, pendidikan, lingkungan hidup, dan ekonomi. Salah satu bidang yang menjadi fokus utama SDGs adalah energi bersih dan terbarukan. Energi ini adalah salah satu sumber energi yang sangat penting dalam memajukan tujuan ini. Sejak revolusi industri penggunaan bahan bakar fosil meningkat secara signifikan untuk memenuhi kebutuhan energi global. Negara maju berinovasi untuk menemukan teknologi yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi terbarukan. Oleh karena itu saat ini banyak penelitian dilakukan tentang energi terbarukan agar mendapat sumber energi baru yang memiliki dampak positif bagi lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan mudah didapat adalah angin. Penelitian ini membahas tentang perbedaan desain turbin angin Savonius dan pemanfaatan energi angin sebagai penghasil listrik dengan menggunakan turbin angin savonius. Turbin angin Savonius kategori *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) yang memiliki rotor vertikal, tidak memerlukan pengaturan arah terhadap angin. Turbin yang mampu menangkap angin dari segala arah dan turbin ini juga memiliki kemampuan *self-starting* dan menghasilkan torsi yang relatif tinggi, pada kecepatan angin yang rendah. Melalui simulasi dapat menunjukkan pola aliran yang terjadi sehingga dapat dilakukan analisa guna melihat fenomena aliran yang terjadi disekitar rotor *blade* yang menyebabkan adanya gaya dorong dan gaya yang menyebabkan hambatan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kecepatan angin terhadap tekanan dan kecepatan aliran turbin angin menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Dari hasil studi kasus simulasi pada rotor *blade* turbin angin Savonius, akan diperoleh nilai kecepatan maksimal dan tekanan Maksimal pada turbin angin. Dari hasil simulasi nilai terbaik diperoleh dari Desain C yaitu 10,228 Pa untuk tekanan maksimal dan 6,938 m/s untuk kecepatan aliran maksimal terhadap rotor *blade* turbin angin Savonius.

Katakunci: *Computational Fluid Dynamics*; Savonius; Studi Kasus; SDGs; Turbin Angin.

1. Pendahuluan

Pembangunan berkelanjutan menjadi topik penting dalam agenda global saat ini. Target pembangunan berkelanjutan telah ditetapkan oleh PBB melalui *Sustainable Development Goals*

(SDGs) yang bertujuan untuk mencapai keberlanjutan di berbagai bidang seperti kesehatan, pendidikan, lingkungan hidup, dan ekonomi. Salah satu bidang yang menjadi fokus utama SDGs adalah energi bersih dan terbarukan. Energi ini adalah salah satu sumber

energi yang sangat penting dalam memajukan tujuan ini. Sejak revolusi industri, penggunaan bahan bakar meningkat secara tajam, oleh sebab itu diperlukan sumber energi yang dapat memenuhi semua kebutuhan. Salah satu sumber energi yang banyak digunakan adalah energi fosil. Sayangnya energi ini termasuk energi yang tidak dapat diperbarui dan jika energi fosil ini habis maka diperlukan sumber-sumber energi baru. (Lustia Dewi, 2010) Negara-negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi terbarukan. (Bawan, 2020)

Energi terbarukan adalah energi yang tidak dikhawatirkan jumlahnya karena energi ini berasal dari alam yang berkelanjutan. Energi angin merupakan salah satu Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dengan menggunakan kincir angin atau turbin angin. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin dapat dimanfaatkan secara langsung atau dikonversi menjadi energi listrik. Turbin angin Savonius merupakan turbin yang cocok digunakan di Indonesia karena kecepatan anginnya rendah. Keuntungan lainnya adalah desain dan konstruksi turbin angin Savonius yang sederhana dan dapat menerima angin dari segala arah. (Tuapetel et al., 2019)

Pengembangan sumber energi alternatif. Istilah "energi alternatif" umumnya mengacu pada sumber energi seperti tenaga surya, tenaga angin, dan tenaga air. Sumber daya alternatif ini tidak berpolusi dan dianggap sebagai energi terbarukan karena sumber dayanya tidak terbatas salah satunya adalah angin. (Siagian et al., 2023)

Angin adalah salah satu sumber energi terbarukan alternatif yang aman dan dapat diakses secara bebas, maka penggunaan sistem konversi energi angin akan berdampak positif terhadap lingkungan. Turbin angin menghasilkan energi listrik atau energi kinetik tanpa menghasilkan emisi CO₂, sehingga dapat membantu mengurangi emisi gas buang. (Andi Mulkan, 2022)

Daya yang dihasilkan oleh turbin angin sangat bergantung pada kecepatan angin dan desain sudu, dengan sudu berbentuk sayap turbin maka dapat menampung aliran udara yang mendorong sudu, dan menghasilkan gaya angkat atau gaya dorong. Airfoil adalah potongan

melintang sudu yang dihasilkan oleh perpotongan tegak lurus sudu terhadap rotor. Dengan demikian, daya yang dihasilkan oleh turbin angin sangat bergantung pada desain sudu. (Dharma & Masherni, 2017)

Salah satu jenis turbin angin adalah *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT). VAWT memiliki poros atau sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin untuk menghasilkan energi listrik. (Mahendra et al., 2013)

VAWT memiliki banyak keunggulan teknis dibandingkan dengan HAWT, tetapi strukturnya lebih sederhana, dapat bekerja pada segala arah angin, tidak menimbulkan suara bising, dan lebih handal dalam kondisi angin turbulen, kelebihan-kelebihan tersebut diatas membuat VAWT menjadi teknologi yang murah dan mudah penerapannya. (Wijayanto & Akbar, 2023)

Visualisasi melalui simulasi dapat menunjukkan pola aliran yang terjadi sehingga dapat dilakukan analisa guna melihat fenomena aliran yang terjadi disekitar rotor *blade* yang menyebabkan adanya gaya dorong dan gaya yang menyebabkan hambatan. (Sanusi, 2017)

Model aliran berupa pemisahan vortex dan titik stagnation, adalah penomena dalam aliran fluida yang dapat mengurangi kinerja pada turbin dan pola aliran serang (*attached flow*) menghasilkan gaya dorong dan gaya angkat, sementara model aliran berupa aliran geser (*dragging flow*) menghasilkan daya pada sisi cembung *blade* maju dan aliran jet pada celah *blade* (*overlap flow*) menghasilkan tekanan pada sisi cekung *blade* kembali, sehingga akan mempengaruhi kinerja rotor, dengan demikian pola aliran tersebut memberikan kontribusi terhadap peningkatan koefisien daya dan torsi pada turbin. Pemisahan vortex pada ujung *blade* maju dan pada ujung *blade* dari *blade* kembali, serta pemisahan vortex yang tumbuh sebagai aliran ke hilir rotor akan berpengaruh untuk mengurangi kineja rotor. (Nakajima et al., 2008)

Adapun pada penelitian ini bertujuan membuat desain turbin angin dengan membedakan pola dari *blade* dengan simulasi secara *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan software ANSYS *Fluent* guna menganalisa aliran fluida yang terjadi ketika memasuki *inlet* menuju ke outlet. Dari hasil simulasi terhadap *rotor blade* turbin angin Savonius, akan diperoleh nilai kecepatan dan tekanan Maksimal pada turbin angin.

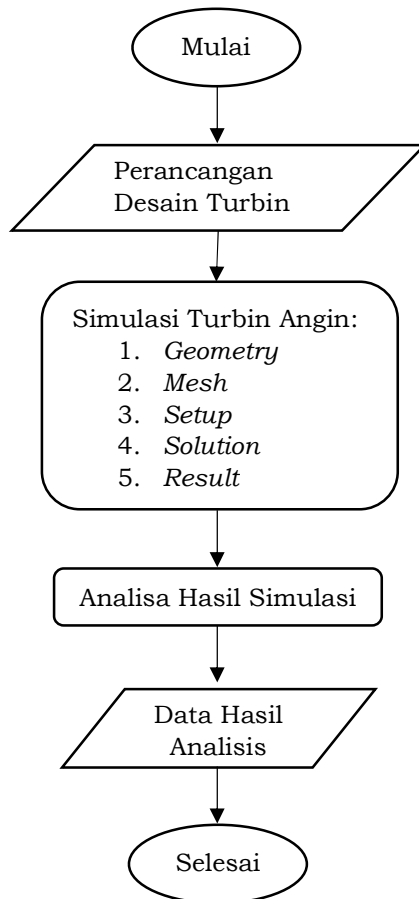
2. Metode Penelitian

2.1. Bahan-bahan

Adapun bahan yang digunakan untuk proses simulasi dalam penelitian ini adalah berupa model desain turbin angin Savonius Darrieus dalam bentuk gambar 3D.

2.2. Metode penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode simulasi untuk mendapatkan data tekanan Maksimal dan Kecepatan Maksimal pada turbin angin savonius. Alur pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Dengan urutan mempelajari perancangan desain turbin, simulasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics* dan menganalisa hasil dari hasil simulasi desain turbin.

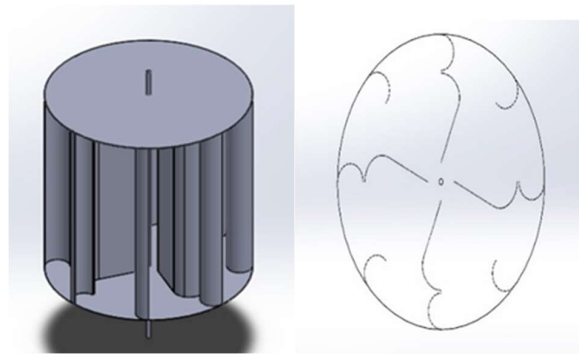


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

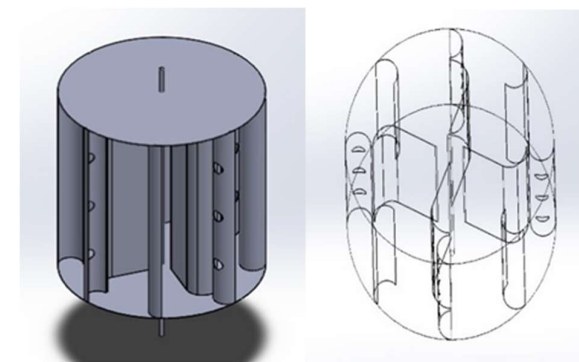
2.3. Desain

Turbin angin dalam penelitian ini merupakan jenis sumbu vertikal. Desain turbin angin dibuat menggunakan Solidworks 2021

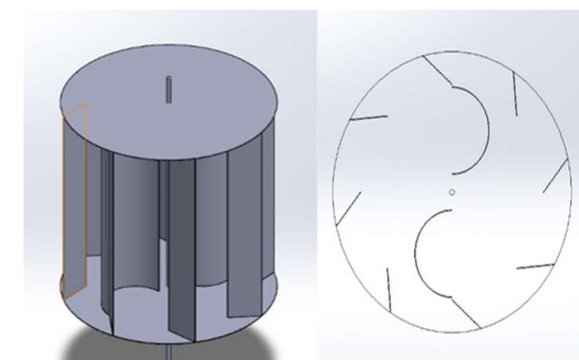
dengan 4 sudu dalam dan 8 sudu luar dan variasi sudut *blade*.



Gambar 2. Turbin angin desain A



Gambar 3. Turbin angin desain B



Gambar 4. Turbin angin desain C

2.4. Tahapan Simulasi

Alat yang digunakan untuk proses simulasi dalam penelitian ini berupa *Hardware* dan *Software*.

Hardware: Alat yang digunakan untuk prosedur simulasi adalah: Komputer portabel (Laptop) Lenovo AMD Ryzen 5 4600H with Radeon Graphics CPU @ 3.00 GHz, 16.0 GB RAM.

Software: Proses pembuatan turbin angin 3D Model menggunakan *software* Solidworks 2020. Proses simulasi menggunakan *software* ANSYS

Workbench 18.1 dengan jenis analisis sistem *fluid flow (fluent)*.

Untuk mendapatkan hasil tekanan dan kecepatan pada turbin angin Savonius Darrieus, terdapat tahapan yang harus dikerjakan dengan urutan:

A. Pembuatan desain turbin

Desain turbin dibuat atau digambar melalui perangkat lunak yaitu Solidworks lalu di import ke dalam perangkat lunak ANSYS Workbench. Dalam penelitian ini menggunakan Solidworks versi 2021 untuk membuat sebuah desain turbin, dan ANSYS Workbench versi 18.1.

B. Buka ANSYS Workbench 18.1

Ini menampilkan jendela aplikasi ANSYS Workbench 18.1, yang memiliki *toolbox* berbagai jenis analisis sistem di sebelah kiri dan skema analisis disebelah kanan.

C. Pilih jenis analisis sistem *fluid flow (fluent)*

Klik dua kali pada *fluid flow (fluent)*. Ini akan menampilkan analisis sistem *fluid flow (fluent)* untuk menganalisis turbin angin dengan langkah-langkah antara lain: *Geometry*, *Mesh*, *Setup*, *Solution* dan *Result*.

D. *Geometry*

Pada halaman awal Design Modeler terdapat beberapa langkah untuk membuat *Geometry*, diantaranya adalah memasukkan desain yang sudah sebelumnya menggunakan *software* Solidworks 2021, pembuatan domain dan pendefinisian *face*.

E. *Mesh*

Meshing berfungsi sebagai pembagi kontrol volume *Geometry* menjadi elemen yang lebih kecil dan halus dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih konvergen pada analisa

F. *Setup*

Setup merupakan proses mengatur model serta variabel yang harus didefinisikan sebelum dilakukan perhitungan seperti *general*, *models*, *materials*, *boundary conditions* dan *cell zone conditions*.

Pemodelan ini menggunakan udara sebagai fluida kerja dimana *properties* yang digunakan adalah *default* dengan density udara sebesar 1.225 kg/m^3 (constant) dan dynamic viscosity sebesar $1.7894\text{e-}05 \text{ Pa.s}$ (konstan).

G. *Result*

Pada halaman ini bisa dilihat hasil dari simulasi seperti *contour* kecepatan dan *contour* tekanan.

Dengan *contour* dapat diketahui dengan lebih detail terkait pola hasil simulasi berdasarkan

variabel yang dikehendaki pada setiap plane yang telah ditentukan sebelumnya. *Contour* dideskripsikan dengan warna untuk membaca pola berdasarkan variabel yang ditentukan. Pada hasil simulasi ini hanya mengetahui *contour* kecepatan dan *contour* tekanan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil simulasi desain A

Pengujian pertama dilakukan pada desain A turbin angin dengan variasi kecepatan 1.0 m/s sampai 3.0 m/s

Tabel 1. Hasil simulasi memperoleh nilai tekanan dan kecepatan aliran turbin angin desain A

DESAIN A		
Kecepatan Angin (m/s)	Tekanan Maksimal (Pa)	Kecepatan Maksimal (m/s)
1.0	0.699	1.605
1.2	0.991	2.129
1.4	1.373	2.333
1.6	1.783	2.700
1.8	2.241	3.073
2.0	2.739	3.446
2.2	3.288	3.815
2.4	3.889	4.186
2.6	4.555	4.556
2.8	5.280	4.908
3.0	6.045	5.273

Tabel 1 menunjukkan hasil nilai tekanan dan kecepatan aliran turbin angin desain A, pada variasi kecepatan 1.0 m/s sampai 3.0 m/s.

3.2 Hasil simulasi desain B

Pengujian kedua dilakukan pada desain B turbin angin dengan variasi kecepatan 1.0 m/s sampai 3.0 m/s. Tabel 2 menunjukkan hasil nilai tekanan dan kecepatan pada desain B, pada variasi kecepatan 1.0 m/s sampai 3.0 m/s.

Tabel 2. Hasil simulasi memperoleh nilai tekanan dan kecepatan aliran turbin angin desain B

DESAIN B		
Kecepatan Angin (m/s)	Tekanan Maksimal (Pa)	Kecepatan Maksimal (m/s)
1.0	0,692	1.680
1.2	0,984	2.031
1.4	1.330	2.377
1.6	1.731	2.720
1.8	2.187	3.071
2.0	2.693	3.412
2.2	3.254	3.751
2.4	3.865	4.089
2.6	4.528	4.436
2.8	5.046	4.910
3.0	6.010	5.185

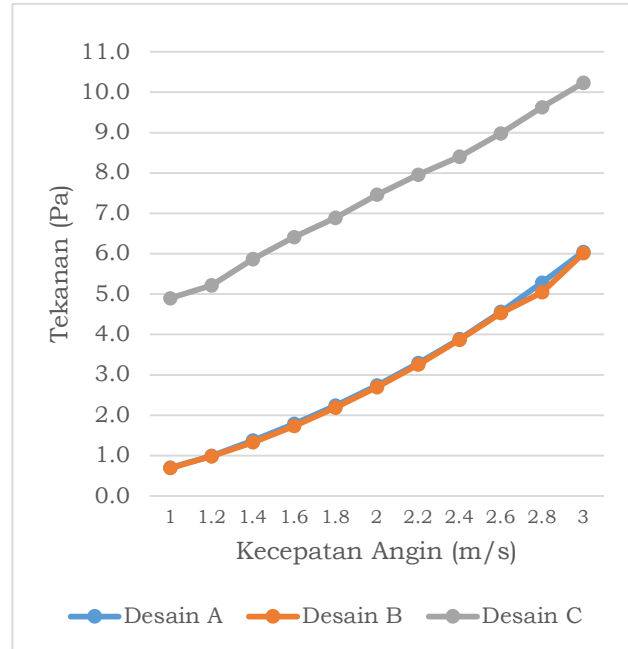
3.3 Hasil simulasi desain C

Pengujian kedua dilakukan pada desain C turbin angin dengan variasi kecepatan 1.0 m/s sampai 3.0 m/s.

Tabel 3. Hasil simulasi memperoleh nilai tekanan dan kecepatan aliran turbin angin desain C

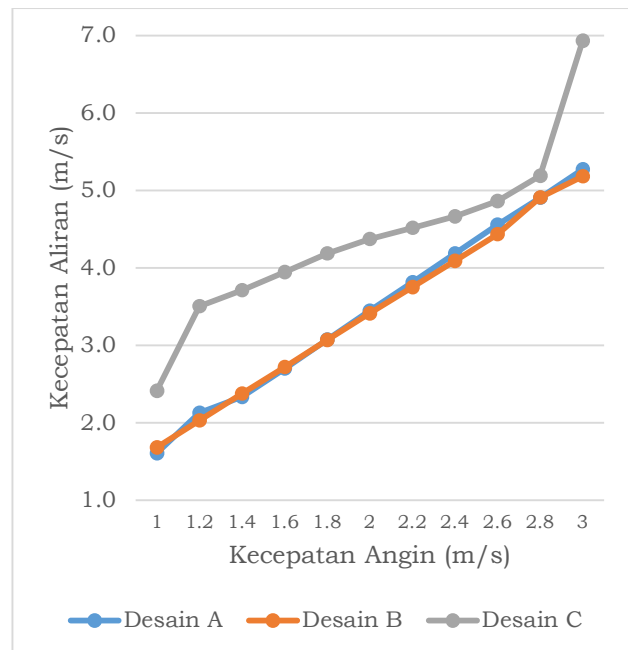
DESAIN C		
Kecepatan Angin (m/s)	Tekanan Maksimal (Pa)	Kecepatan Maksimal (m/s)
1.0	4.894	2.412
1.2	5.214	3.505
1.4	5.862	3.712
1.6	6.408	3.947
1.8	6.889	4.187
2.0	7.458	4.374
2.2	7.950	4.517
2.4	8.403	4.666
2.6	8.977	4.865
2.8	9.627	5.190
3.0	10.228	6.935

Tabel 3 menunjukkan hasil nilai tekanan dan kecepatan pada desain C, pada variasi kecepatan 1.0 m/s sampai 3.0 m/s.



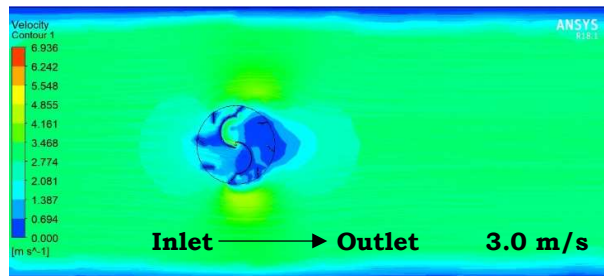
Gambar 5. Hasil grafik hubungan tekanan dari 3 desain

Gambar 5 menunjukkan perbandingan nilai tekanan pada masing masing desain turbin angin.

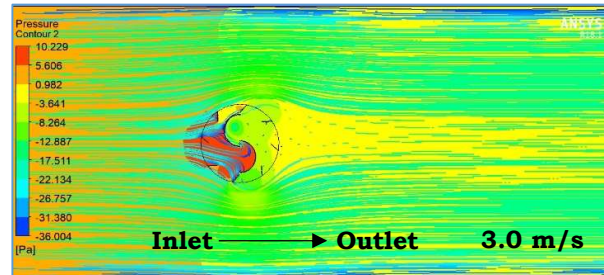


Gambar 6. Hasil grafik hubungan kecepatan aliran dari 3 desain

Gambar 6 menunjukkan perbandingan nilai kecepatan pada masing masing desain turbin angin.



Gambar 7. Hasil dari kontur kecepatan aliran dari desain C dengan kecepatan angin 3.0 m/s



Gambar 8. Hasil dari kontur tekanan dari desain C dengan kecepatan angin 3.0 m/s

Pada gambar 7 dan 8 angin yang mulanya berupa *free stream* mengalir dari *inlet* menuju *blade* turbin dan terjadi tumbukan di bagian turbin yang menghadap ke arah *inlet*. Dari tumbukan angin pada *blade* tersebut mengakibatkan turbin berputar. Semakin cepat angin yang menumbuk pada permukaan *blade* turbin maka semakin besar nilai *max velocity* dan *max pressure* yang terjadi pada permukaan *blade* turbin tersebut. Simulasi turbin angin dapat dilihat melalui hasil simulasi yang mengalami aliran laminar saat masuk *inlet* kemudian menjadi turbulen saat menumbuk *blade* turbin. Tekanan yang terjadi di bagian belakang turbin (bagian dekat sisi outlet) memiliki tekanan terendah, hal menunjukkan bahwa tekanan akan menurun setelah melewati turbin dikarenakan pola hembusan angin akan menyebar ke sisi kiri dan kanan turbin akibat pengaruh putaran turbin.

4. Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pengujian yang dilakukan dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) terhadap unjuk kerja turbin angin Savonius tipe U tiga sudu dengan spesifikasi diameter 800 mm, bahan pembuat sudu seng plat tebal 1 mm, tinggi sudu 120 mm. Bahan poros terbuat dari besi profil bulat pejal panjang 1120 mm dengan diameter 3 cm. Turbin angin Disain

A dengan sudut *blade* L 30° memiliki nilai Maksimal kecepatan sebesar 4.186 m/s dan nilai Tekanan Maksimal sebesar 3.889 Pa pada kecepatan angin 2.4 m/s. Turbin angin Disain B dengan sudut *blade* L 30° dengan penambahan lubang di sudu *blade* bagian luar memiliki nilai Maksimal kecepatan sebesar 4.089 m/s dan nilai Tekanan Maksimal sebesar 3.865 Pa pada kecepatan angin 2.4 m/s. Turbin angin dengan sudut *blade* U 90° memiliki nilai Maksimal kecepatan sebesar 4.666 m/s dan nilai Tekanan Maksimal sebesar 8.403 Pa pada kecepatan angin 2.4 m/s.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Fakultas Teknik Informatika PGRI Semarang telah mendukung terselesainya penelitian ini serta Universitas Katholik Widya Mandala Surabaya yang mendukung publikasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Andi Mulkan. (2022). Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 3(1), 74–83. <https://doi.org/10.55616/jitu.v3i1.308>
- Bawan, E. K. (2020). *KAJIAN POTENSI ENERGI ANGIN KABUPATEN KAIMANA PROVINSI PAPUA BARAT*.
- Dharma, U. S., & Masherni, M. (2017). Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(2), 138–148. <https://doi.org/10.24127/trb.v5i2.246>
- Lustia Dewi, M. (2010). *ANALISIS KINERJA TURBIN ANGIN POROS VERTIKAL DENGAN MODIFIKASI ROTOR SAVONIUS L UNTUK OPTIMASI KINERJA TURBIN*.
- Mahendra, B., Rudy, S., & Sutikno, D. (2013). *PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS TYPE L*.
- Nakajima, M., Iio, S., & Ikeda, T. (2008). *Performance of Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hydraulic Turbine*. 3(3), 420–429. <https://doi.org/10.1299/jfst.3.420>
- Sanusi, A. (2017). *Simulasi Aliran Fluida pada Blade Rotor Turbin Angin Savonius dengan Computation Fluid Dynamics (CFD)*. 04(01), 11–15.
- Siagian, P., Suleman, N., Asrim, J. S. P., Tambi, Prihatini, S. E. W. W. O. Z., Budirohmi, A., & Armus, R. (2023). Energi Baru Terbarukan

Sebagai Energi Alternatif. In *Yayasan Kita Menulis*.

Tuapetel, J. V., Triprayoga, I. A., Santika, P. M., Teknik, S., Iti, M., Raya, J., Serpong, P., & Selatan-banten, T. (2019). *ANALISIS DAN PENGUJIAN KINERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS 4 SUDU*. 3(2), 46–52.

Wijayanto, Eng. R., & Akbar, F. T. (2023). *Studi Numerik Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe H-Darrieus Naca0012 Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia Tahun 2023*. 8902120021.