

STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA TURBIN SAVONIUS DENGAN AUXILIARY BLADES

Yudi Kurniawan¹⁾, Ida Bagus Dharmawan²⁾, Wahyu Anhar³⁾

¹²³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Balikpapan
E-mail: yudi.kurniawan@poltekba.ac.id

Abstract

This research was conducted with the aim of finding the latest Savonius *wind turbine* design that has high efficiency. By engineering the blade shape, it is expected to increase the positive torque on the concave blade and reduce the negative torque on the convex blade so that it will have an impact on increasing the performance of the Savonius *wind turbine* which has been considered to have low performance. In addition, adding *Auxiliary blades* to the root blade can also accelerate the flow of fluid hitting the concave blades on each blade. The method used in this experimental test is to conduct laboratory-scale experimental testing with a wind source from 4 blower fans installed in front of the turbine. In accordance with the characteristics of the Savonius turbine which can work at low wind speeds and in various conditions of wind flow direction. The test results show that the highest rotational speed is obtained on a *wind turbine* with *auxiliary blades* design at a wind speed of 5 m/s with a value of 229.6 rpm. This study proves that the configuration of *auxiliary blades* can increase the average *static torque* compared to conventional Savonius turbines.

Keywords: Savonius, wind turbine, Auxiliary blades, Wind Speed, Static torque.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari rumah tangga (Kurniawan *et al*, 2018a). Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat mesin industri. Meninjau pentingnya pemanfaatan energi listrik terutama yang berasal dari sumber daya fosil, maka untuk menjaga kelestarian sumber energi perlu diupayakan adanya penyediaan energi alternatif yang murah dan bersifat ramah lingkungan (Kurniawan *et al*, 2020a). Salah satu sumber energi alternatif yang bersifat berkelanjutan sehingga mampu memenuhi kebutuhan energi pada jangka panjang yaitu, energi angin yang diekstrak menggunakan turbin angin (Kurniawan *et al*, 2020b).

Secara umum turbin angin dibagi menjadi dua jenis yaitu, *vertical axis wind turbine* (VAWT) dan *horizontal axis wind turbine* (HAWT) (Mathew, 2006). HAWT adalah turbin angin yang banyak digunakan saat ini. HAWT dapat menghasilkan daya

yang besar pada kecepatan angin tinggi tetapi tidak dapat menghasilkan daya output ketika menerima angin pada kecepatan rendah (Jha, 2011).

Turbin angin VAWT tipe Savonius memiliki banyak keunggulan dibandingkan HAWT seperti perawatan yang mudah, mampu menghasilkan torsi yang tinggi sehingga dapat berputar dengan mudah, desain yang sederhana, modal investasi yang relatif murah, pengoperasian yang tidak berisik, kemampuan untuk dioperasikan pada segala arah angin. VAWT yang paling populer adalah Darrieus dan Savonius. Turbin angin Darrieus adalah turbin yang memiliki efisiensi tinggi akan tetapi tidak dapat melakukan *self starting* (Kurniawan *et al*, 2018b). Berdasarkan jumlah monitoring data angin kumulatif dari tahun 1981-2003 di Indonesia, wilayah Kalimantan memiliki kecepatan angin rata-rata sangat rendah yaitu 4,14 m/s (Pakpahan, 2003). Turbin Savonius cocok untuk diaplikasikan di Kalimantan karena dapat dioperasikan pada kecepatan angin rendah atau dibawah 4 m/s. Oleh karena itu, Turbin Savonius menarik untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik skala kecil dan untuk dialokasikan di daerah perkotaan. Namun disamping berbagai kelebihan, Savonius mempunyai efisiensi yang rendah. Berbagai riset telah dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja turbin angin Savonius. Performa turbin Savonius dipengaruhi oleh perancangan yang berdasarkan beberapa parameter desain seperti bentuk sudu, jumlah sudu, desain geometri dan kecepatan *inlet* angin (Kurniawan *et al*, 2017).

Pengujian secara eksperimen mengenai pengaruh jumlah sudu Savonius mendapatkan hasil yaitu nilai koefisien daya (C_p) pada penggunaan dua sudu lebih besar dibandingkan dengan tiga sudu (Saha *et al*, 2008). Ketika jumlah sudu semakin meningkat maka nilai C_p yang diperoleh akan semakin menurun. *Overlap ratio* adalah parameter utama yang dapat mempengaruhi struktur aliran angin pada Savonius. Terbukti parameter ini mampu menghasilkan daya optimum pada variasi *Overlap ratio* 10% - 15% (Kurniawan *et al*, 2021a). Faktor lain yang dapat meningkatkan C_p turbin Savonius adalah parameter penambahan *end plate* pada sisi atas dan bawah sudu. Tujuan dari *end plate* adalah untuk mencegah aliran udara tumpah ke kedua ujung sudu sehingga dapat meningkatkan transfer momentum dari aliran udara dan mengurangi torsi negatif (Kurniawan *et al*, 2021b).

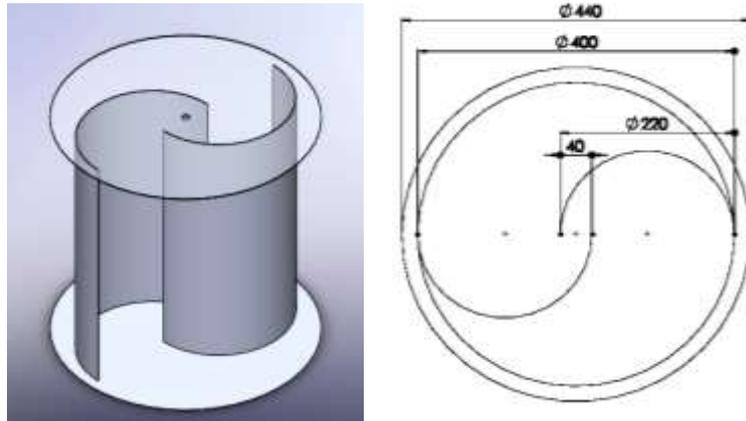
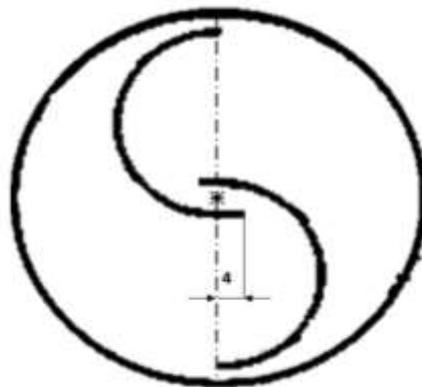
Pengembangan profil sudu dan bentuk yang optimal sangat berpengaruh terhadap aerodinamika turbin angin yang bertujuan untuk memanen energi angin secara efisien (Alom dan Saha, 2019). Seiring dengan berbagai perkembangan parameter turbin Savonius yang terus diteliti hingga saat ini, berikut adalah penelitian dengan menggunakan parameter penambahan *multiple quarter blades* yang dibandingkan dengan turbin Savonius konvensional (Sharma dan Sharma, 2016). Hasilnya koefisien daya meningkat 8,89%, hal ini disebabkan oleh aliran angin masuk pada sisi cekung sudu diarahkan ke sisi cekung sudu lainnya sehingga dapat mengurangi torsi negatif pada sisi cembung sudu. Sharma dan Sharma, (2017) melakukan penelitian dengan parameter *multiple layer*. Hasilnya menunjukkan penambahan *multiple layer* dapat meningkatkan performa Savonius tanpa memerlukan desain dan berat yang kompleks.

Penelitian terkait modifikasi sudu turbin Savonius dengan menambahkan *auxiliary blades* pada root blade juga pernah dilakukan oleh Abdelaziz (2022). Dengan melakukan pengujian secara simulasi menghasilkan bahwa koefisien daya terbaik adalah turbin Savonius dengan tambahan *auxiliary blades*, dan peningkatannya sebesar 13,6% dibandingkan koefisien daya pada turbin angin konvensional. Penelitian yang akan dilakukan adalah melakukan pengujian secara eksperimental turbin angin Savonius dengan *auxiliary blades* terhadap kinerja turbin angin Savonius. Pengujian secara eksperimen skala laboratorium dilakukan dengan *blower fan* sebagai sumber angin tersedia.

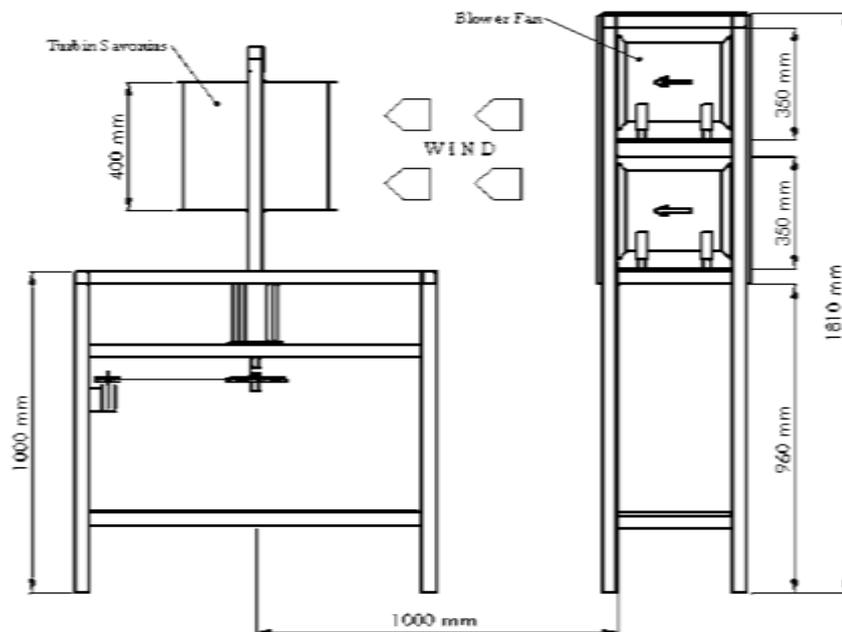
METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eskperimental sebuah rancang bangun prototype turbin angin sumbu vertical Savonius yang dilakukan pengujian dengan skala laboratorium. Adapun desain prototype turbin yang akan dibuat dapat disajikan secara umum sebagai berikut:

1. Diameter turbin : 400 mm
2. Tinggi : 400 mm
3. Jumlah sudu : 2 buah
4. Diameter *end plate* : 440 mm
5. *Aspect ratio* : 1
6. *Overlap ratio* : 10 %
7. Diameter poros : 12 mm

Gambar 1. Desain dan dimensi turbin angin *Savonius*Gambar 2. Desain turbin angin *Savonius* dengan *auxiliary blades*

Adapun desain dari apparatus pengujian eksperimen laboratorium sebagai berikut:

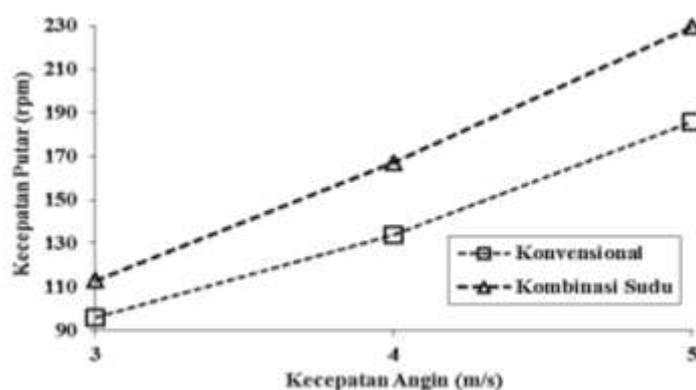


Gambar 3. Apparatus Pengujian

Data yang telah diperoleh dari hasil eksperimen yaitu berupa data kecepatan angin (m/s), kecepatan putaran turbin (rpm), dan statis torque dari berbagai variasi tegangan input listrik blower fan sebagai sumber angin. Dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada landasan teori, maka dari data-data yang telah diperoleh untuk mendapatkan nilai-nilai rpm dan *static torque* (C_T).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian secara eksperimen turbin angin Savonius dengan penambahan *auxiliary blades* terhadap nilai kecepatan putaran (rpm). Pengujian dilakukan dengan 3 variasi kecepatan angin yaitu 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s. Gambar 4. menunjukkan grafik hubungan antara variasi kecepatan angin pada masing-masing turbin terhadap kecepatan putar turbin (rpm).



Gambar 4. Hubungan antara variasi kecepatan angin pada turbin Savonius

Gambar 4. menunjukkan bahwa penambahan *auxiliary blades* pada turbin angin Savonius memiliki pengaruh terhadap unjuk kerja turbin. Penelitian ini membuktikan bahwa turbin Savonius konvensional yang ditambahkan kombinasi sudu mampu meningkatkan kecepatan putaran turbin. Pada kecepatan rendah yaitu 3 m/s, turbin Savonius konvensional menghasilkan putaran 96,5 rpm dan turbin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu menghasilkan putaran 113,3 rpm. Penambahan modifikasi terhadap sudu cekung dan sudu cembung turbin Savonius mampu meningkatkan kecepatan putar hingga 17,4%. Penelitian dilanjutkan dengan meningkatkan kecepatan angin rata-rata 4 m/s. Dari pengujian kedua turbin Savonius konvensional memperoleh hasil 134,8 rpm dan turbin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu menghasilkan

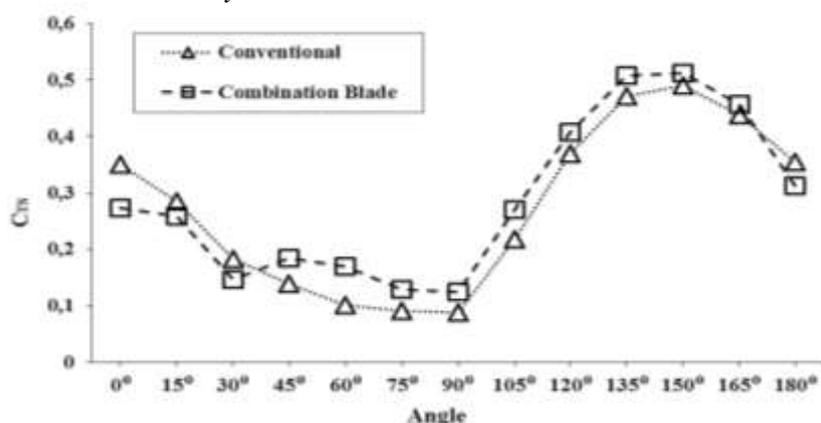
putaran 167,1 rpm. Penambahan modifikasi terhadap sudu cekung dan sudu cembung turbin Savonius mampu meningkatkan kecepatan putar hingga 23,9%.

Pengujian yang ketiga adalah melakukan pengujian terhadap turbin angin Savonius konvensional dan turbin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu dengan kecepatan sumber angin rata-rata 5 m/s. Pada pengujian tersebut memperoleh data kecepatan turbin 186,6 rpm dihasilkan oleh turbin angin Savonius konvensional dan kecepatan turbin 229,6 rpm dihasilkan oleh turbin angin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu. Turbin angin Savonius dengan penambahan modifikasi pada sudu cekung dan sudu cembung turbin Savonius mampu meningkatkan kecepatan putar hingga 23%. Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian dengan membandingkan turbin Savonius konvensional dan turbin Savonius dengan penambahan *auxiliary blades* secara umum menunjukkan bahwa meningkatnya kecepatan putaran (rpm) turbin seiring dengan semakin tinggi kecepatan input angin yang diberikan pada turbin angin. Hal tersebut terjadi pada 3 variasi kecepatan angin yang diberikan. Kecepatan angin yang meningkat membuat *drag force* atau gaya dorong terhadap sudu cekung turbin meningkat yang mengakibatkan kecepatan putaran ikut meningkat.

Turbin savonius dengan penambahan *auxiliary blades* mendapatkan kecepatan putaran turbin tertinggi pada kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s dibandingkan dengan turbin angin Savonius konvensional. Hal ini disebabkan oleh turbin angin Savonius dengan variasi penambahan kombinasi sudu pada bagian sudu cekung dapat mempercepat mengalirkan aliran fluida ke masing-masing sudu cekung yang menyerang turbin. Fenomena tersebut menimbulkan peningkatan torsi positif pada turbin (Sharma dan Sharma, 2017). Selain itu desain *auxiliary blades* pada sudu cembung turbin angin Savonius kombinasi sudu dapat mengurangi gaya drag pada sudu cembung (Abdelaziz, 2022). Gaya drag yang terjadi berkurang diakibatkan turunnya nilai koefisien *drag* pada kedua sudu cembung turbin Savonius dengan kombinasi sudu. Kenaikan torsi positif dan gaya *drag* terbukti dapat meningkatkan performa dari turbin angin Savonius dibandingkan turbin angin Savonius konvensional.

Pengaruh konfigurasi semua rotor pada uji statis analisis kedua dilakukan untuk mengetahui lebih dalam pengaruh kinerja start pada turbin seperti analisis statik kedua konfigurasi turbin. kedua konfigurasi turbin dilakukan pada kecepatan angin 5 m/s.

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai *static torque coefficient* (C_{TS}) dari variasi konfigurasi turbin terhadap sudut azimuth (0° - 180°). Posisi nol dari sudut azimuth didefinisikan sebagai chord turbin Savonius yang vertikal dengan kecepatan angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa C_{TS} mengalami penurunan pada posisi rotor 0° - 90° kemudian meningkat pada posisi rotor 90° - 180° . Ada kecenderungan yang relatif sama dengan penelitian Raupke dan Probert (1991) dan Kurniawan (2020a). Gambar. 5 menunjukkan bahwa C_{TS} pada kecepatan angin 5m/s. Pada posisi rotor 105° - 165° , pengaruh *auxiliary blades* dapat meningkatkan C_{TS} sebesar 17% dibandingkan dengan Savonius konvensional. Peningkatan C_{TS} terjadi karena aliran fluida yang masuk melalui sedu cembung langsung diteruskan ke sudu cekung sehingga dapat meningkatkan torsi positif. Nilai rata-rata C_{TS} Savonius konvensional memperoleh 0,275 dan rata-rata C_{TS} *auxiliary blades* memperoleh 0,289. Penelitian ini membuktikan konfigurasi *auxiliary blades* dapat meningkatkan torsi awal dibandingkan dengan turbin Savonius konvensional. Konfigurasi turbin Savonius terbaik adalah turbin Savonius dengan penambahan *auxiliary blades*.



Gambar 5. Hasil Pengujian C_{TS} pada kecepatan 5 m/s

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian secara eksperimen dan analisis data maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Kecepatan putaran tertinggi diperoleh pada turbin angin dengan desain *auxiliary blades* pada kecepatan angin 5 m/s. Hasil kecepatan putaran tertinggi adalah 229,6 rpm.
2. Penelitian ini membuktikan konfigurasi *auxiliary blades* dapat meningkatkan torsi statis rata-rata dibandingkan dengan turbin Savonius konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelaziz, K. R., Nawar, M. A. A., Ramadan, A., Attai, Y.A, & Mohamed, M.H. (2022). Performance Investigation Of A Savonius Rotor By Varying The Blade Arc Angles. *Ocean Engineering Journal*, 260, 112054.
- Alom, N. & Saha, U. K. (2019). Evolution and Progress In The Development Of Savonius Wind turbine Rotor Blade Profiles And Shapes. *Journal of Solar Energy Engineering* 141, no. 3.
- Jha, A. R. (2011). *Wind turbine Technology*, CRC Press. Taylor and Francis Group.
- Kurniawan, Y., Dharmawan, I.B., & Anhar, W. (2021). Studi Eksperimental Pengaruh Kombinasi Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius. *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*, 978-602-51450-3-2, P31.
- Kurniawan, Y., Dharmawan, I.B., & Zulkifli. (2021). Prototipe Turbin Angin Savonius Variasi Extra Layers Dengan Pengujian Real Wind Condition. *Jurnal Polimesin*, Vol 19, N0.1.
- Kurniawan, Y., & Himawanto, D.A. (2017). Kajian Teoritik Pengaruh Geometri dan Twist Angle Turbin Hidrokinetik Savonius Terhadap Koefisien Daya. *SENATIK*, vol. III.
- Kurniawan, Y., Kurniawati, D. M., & Tjahjana, D. D. D. P. (2018). Studi Eksperimental Pengaruh Aspek Rasio Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Crossflow. *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan* 978-60251450-1-8, P63.
- Kurniawan, Y., & Tjahjana, D. D. D. P. (2018). Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Crossflow. *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*, 978-602-51450-1-8, P62.
- Kurniawan, Y., Tjahjana, D. D. D. P., & Santoso, B. (2020). Experimental Study Of Savonius Wind turbine Performance With Blade Layer Addition. *Journal of Advanced In Fluid Mechanich And Thermal Science*, Vol.69, Vol.1, No.1, Pp. 23–33.
- Kurniawan, Y., Tjahjana, D. D. D. P., & Santoso, B. (2020). Experimental Studies of Performance Savonius Wind turbine With Variation Layered Multiple Blade. *IOP Cenference Series: Earth And Environmental Science* 541. 012006.
- Mathew. (2006). Wind Energy Fundamentals, *Resource Analysis and Economics Journal*.
- Pakpahan, A. S. (2003). Peta Potensi SDA Indonesia. *Orasi Ilmiah Pengukuhan Ahli Peneliti Utama Bidang Instrumentasi Dan Pengolahan Data Jakarta., 10 Nopember 2003 Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional*.
- Reupke, P., & Probert, S. D. (1991). Slatted Blade Savonius Wind Rotors. *Applied Energy Journal*, 40, no. 1, 65-75.
- Saha, U. K., Thotla, S. & Maity, D. (2008). Optimum Design Configuration Of Savonius Rotor Through Wind Tunnel Experiments. *Wind Eng. Ind. Aerodyn Journal*, vol. 96, no. 8–9, pp. 1359–1375.
- Sharma, S. & Sharma, R. K. (2016). Performance Improvement Of Savonius Rotor Using Multiple Quarter Blades – A CFD Investigation. *Energy Conversion Management Journal*, vol. 127, pp. 43–54.
- Sharma, S., & Sharma, R. K. (2017). CFD Investigation to Quantify The Effect Of Layered Multiple Miniature Blades On The Performance Of Savonius Rotor. *Energy Conversion Management Journal*, vol. 144, pp. 275–285.