

Studi Simulasi dan Eksperimental Pengaruh Pemasangan Plat Bersudut Pada Punggung Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Angin Savonius

Rudi Hariyanto^{1,*}, Sudjito Soeparman², Denny W²., Mega Nur S²

1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

Jl. Terusan Raya Dieng 62-64 Malang

1,2 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

Jl. MT Haryono 167, Malang 65145

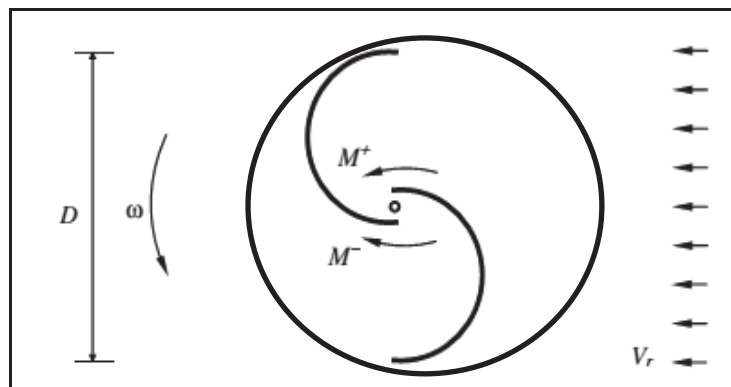
* E-mail : ui_masrudi@yahoo.com

Abstrak. Sudu merupakan salah satu komponen penting yang menentukan unjuk kerja kincir angin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan plat bersudut bentuk Λ dipunggung sudu terhadap unjuk kerja kincir angin Savonius. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan simulasi. Pengujian secara eksperimental digunakan untuk mendapatkan hubungan kecepatan angin terhadap putaran dan efisiensi kincir angin. Hasil eksperimental menunjukkan putaran dan efisiensi kincir angin Savonius dengan sudu bersudut lebih rendah dibanding kincir angin Savonius konvensional. Analisa secara simulasi dengan pemrograman Computational Fluid Dynamic (CFD) menjelaskan pemasangan plat Λ dipunggung sudu Savonius memperbesar gaya hambat negatif. Semakin kecil atau lancip sudut tekuk plat yang dipasang dipunggung sudu Savonius menciptakan luas permukaan penghasil gaya hambat negatif yang semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan nilai tekanan yang lebih tinggi dibanding Savonius konvensional saat posisi sudut putar sudu menyebabkan permukaan plat Λ menghalangi aliran angin.

Kata Kunci: Kincir Angin Savonius, Plat Bersudut, Simulasi CFD, Unjuk Kerja

1. Pendahuluan

Sesuai konstruksinya, sudu kincir angin Savonius dibentuk dari dua silinder terbelah vertical. Belahan silinder tersebut dipasang saling berlawanan sehingga terbentuk sisi cembung (*returning blade*) dan sisi cekung (*advancing blade*). Baik sisi cekung maupun sisi cembung merupakan luasan sudu rotor yang menangkap energi angin datang. Meskipun luas permukaan yang menerima angin sama, profil sudu yang sisi cekung mampu menghasilkan gaya hambat yang lebih besar daripada sisi cembung. Gaya hambat pada sisi cekung menghasilkan torsi positif sedangkan pada sisi cembung menghasilkan torsi negatif seperti ditunjukkan pada gambar 1. Selisih gaya hambat yang ditimbulkan oleh sudu saat angin melewatinya akan menghasilkan torsi untuk memutar kincir dan menjadi prinsip kerja kincir angin Savonius.



Gambar 1. Prinsip kerja rotor Savonius [1]

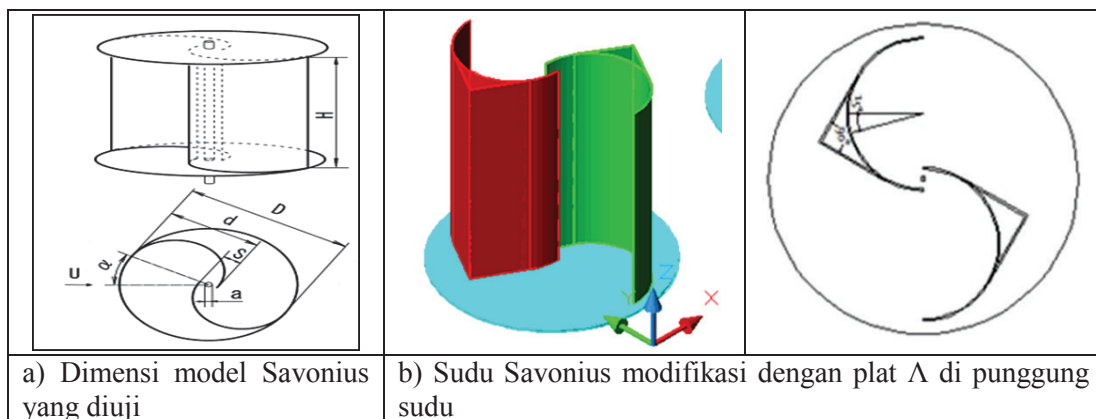
Semakin kecil selisih gaya hambat antara sisi cekung dan sisi cembung sudu Savonius maka efisiensi kincir angin juga menjadi rendah. Oleh karenanya, bentuk sudu merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi kincir angin. Saha and Rajkumar telah meneliti sudu terpuntir menunjukkan C_p maksimum = 13.99%, sedangkan sudu setengah lingkaran kincir angin Savonius menunjukkan C_p = 11.04% [2]. B. Deda Altan meneliti penggunaan tirai pengarah angin dengan desain baru guna mencegah efek torsi negatif pada rotor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja rotor savonius dapat ditingkatkan dengan pengaturan tirai meningkatkan koefisien daya (C_p) dari rotor savonius angin menjadi sekitar 38,5% [3].

Faktor lain yang juga berpengaruh adalah terjadinya kerugian energi akibat terbentuknya vorteks. Vorteks atau pusaran angin menunjukkan jika ada perbedaan tekanan antara pusat pusaran yang bertekanan minimum dengan di luar pusaran yang bertekanan lebih tinggi. Oleh karenanya vorteks bersifat menyerap energi angin atau mengakibatkan terjadinya energi kinetik negatif

Penelitian ini mengangkat tema yang belum dilakukan sebelumnya berupa pemasangan plat bersudut bentuk Λ yang menyatu pada punggung sudu Savonius. Nildha Dos Magar dalam tugas akhirnya telah meneliti nilai gaya angkat dan gaya hambat dari profil plat persegi dengan variasi sudut tekuk profil plat Λ . Profil plat Λ yang direkomendasikan untuk diaplikasikan sebagai sudu kincir angin adalah yang ditekuk dengan sudut 100° karena memiliki selisih koefisien gaya hambat terbesar dengan nilai 1,478 [4]. Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh pemasangan plat segitiga di punggung sudu terhadap unjuk kerja kincir angin Savonius dan bagaimana perilaku aliran angin yang melewati sudu. Kemampuan mendapatkan gambaran perilaku angin saat memutar dan melewati sudu akan bisa menjelaskan rugi-rugi energi angin yang terjadi serta pengaruhnya terhadap unjuk kerja pada kincir angin Savonius yang dimodifikasi.

2. Metodologi Penelitian

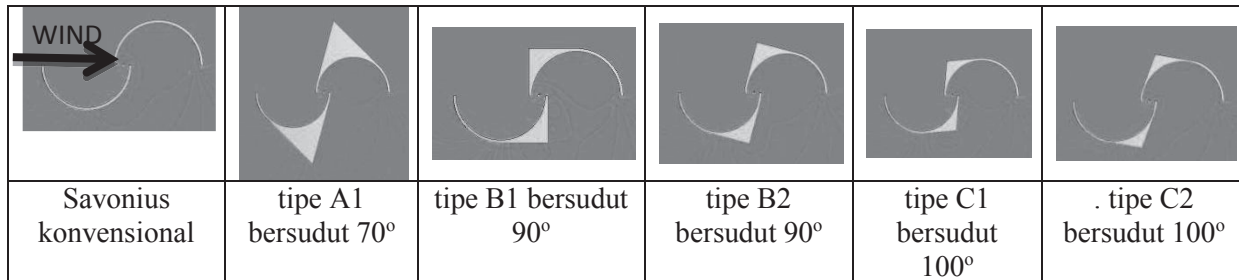
Ada 12 model kincir angin yang telah diuji secara eksperimental tanpa pembebanan di dalam terowongan angin di Laboratorium Prestasi Mesin Universitas Merdeka Malang. Dua belas model yang diuji tersebut terdiri dari 1 model rotor Savonius Konvensional dan 11 model Savonius modifikasi dengan pemasangan plat bersudut bentuk Λ yang menyatu pada punggung sudu Savonius. Perbedaan antar 11 model Savonius modifikasi terletak pada variasi sudut tekuk plat Λ yaitu 70° , 90° dan 100° serta berdasar variasi posisi peletakan plat Λ di punggung sudu Savonius. Pengujian awal model rotor dilakukan di terowongan angin dengan variasi kecepatan angin yang digunakan 3 m/s dan 4 m/s. Data pengamatan yang diambil adalah kemudahan starting awal kincir angin tersebut dalam berputar dan putaran yang mampu dihasilkan. Pengulangan pengujian dan pengambilan data untuk tiap model dilakukan minimal 3 kali. Selanjutnya dipilih 4 model terbaik (tipe B1, B2, C1 dan C2) dan 1 model terjelek (tipe A1) untuk diuji lagi di terowongan angin guna mendapatkan nilai unjuk kerjanya berdasar data putaran, tegangan DC dan arus listrik DC dari generator mini yang digerakkan model rotor. Selain itu juga dilakukan simulasi CFD pada Kelima model modifikasi dan 1 model Savonius konvensional guna mendapatkan nilai distribusi tekanan dan perilaku aliran angin yang bekerja pada sudu.



Gambar 2. Model Rotor Savonius dan Modifikasinya

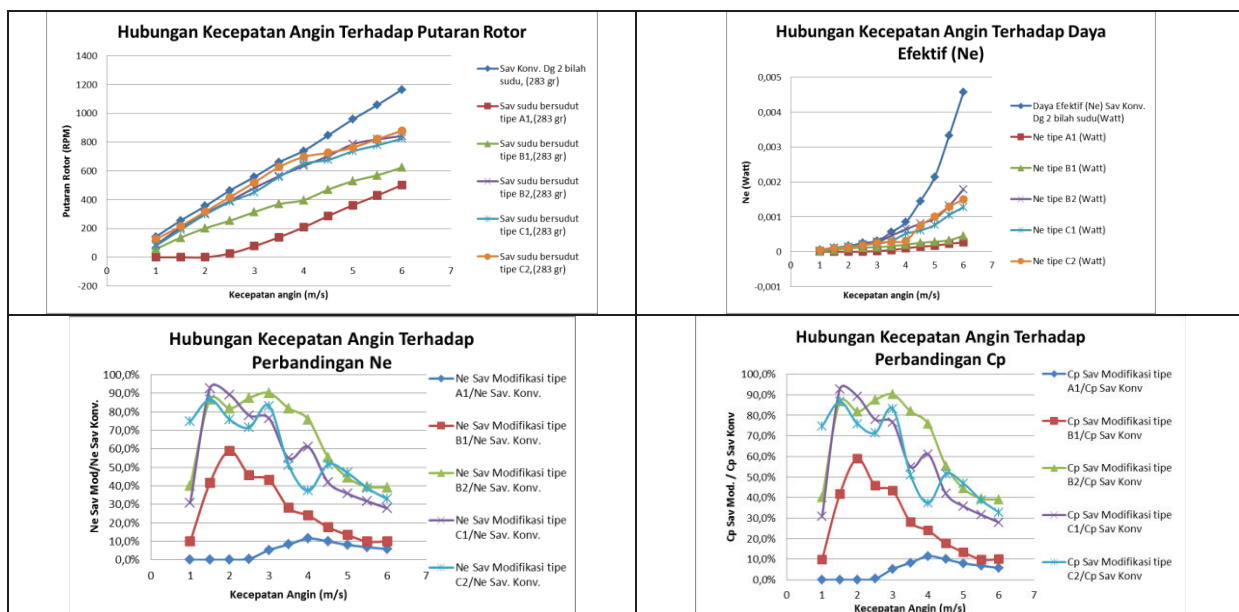
Model memiliki 2 sudu dan dibuat dengan dimensi sama:

- Diameter (D) dan tinggi rotor (H) = @ 200 mm
- Diameter bilah sudu setengah lingkaran (d) = 100 mm
- rasio $s/d = 0,2$
- Diameter poros (a) = 3 mm
- material bilah sudu model dibuat dari plat aluminium 0,5 mm dan piringan rotor untuk mengikat sudu dibuat dari mika bening tebal 2 mm.



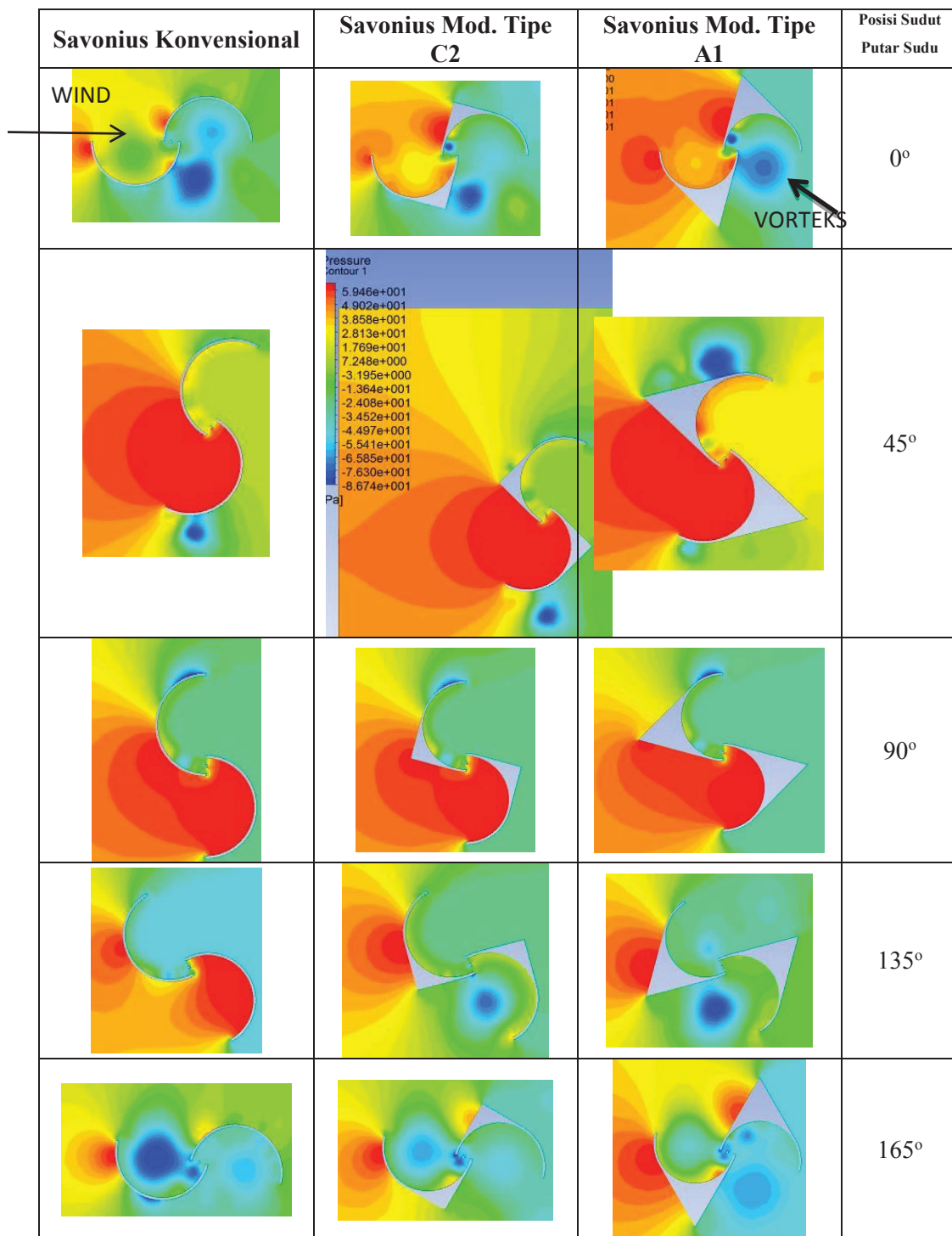
Gambar 3. Enam model rotor yang diuji

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan



Gambar 4. Grafik mengolah data pengujian

Pemasangan plat segitiga profil Δ dengan variasi sudut tekuk dan posisi penempatan pada punggung sudu Savonius secara keseluruhan justru menyebabkan penurunan putaran dan efisiensi dibanding Savonius konvensional. Pemasangan plat profil Δ di punggung sudu Savonius menyebabkan peningkatan gaya hambat pada sisi punggung sudu atau peningkatan nilai torsi negatif. Dari 12 model yang diuji, model tipe A1 menghasilkan unjuk kerja yang paling jelek dan yang terbaik dari model modifikasi adalah C2. Hal ini menjelaskan semakin kecil atau lancip sudut tekuk plat, semakin besar luasan penampang sudu yang tercipta di bagian punggung sudu yang menghambat angin. Peningkatan luasan punggung sudu juga menyebabkan selisih gaya hambat menjadi mengecil sehingga putaran kincir angin Savonius modifikasi menjadi semakin rendah. Hasil eksperimental terhadap 5 model Savonius modifikasi juga menunjukkan C_p kincir angin Savonius modifikasi dengan sudu bersudut lebih rendah 34,4% - 95% dibanding kincir angin Savonius konvensional.



Gambar 5. Hasil simulasi CFD

Secara umum gambar hasil simulasi untuk kelima bentuk sudu Savonius yang dipasang plat bersudut memiliki kemiripan pada setiap posisi sudut putar sudu. Yang berbeda semakin kecil sudut tekuk plat yang dipasang dipunggung sudu semakin besar luasan penghasil tekanan atau gaya hambat negatif. Gaya dorong positif untuk memutar sudu dihasilkan oleh bagian cekung sudu dan gaya negatif dihasilkan oleh bagian cembung atau punggung sudu Savonius. Warna merah tua menunjukkan tekanan tertinggi dan warna biru tua menunjukkan tekanan terendah yang bekerja pada sudu. Adapun vorteks tergambarkan dalam bentuk lingkaran dengan gradasi warna, dimana pusat lingkaran berwarna lebih gelap yang menunjukkan nilai tekanan lebih rendah.

Hasil simulasi CFD menguatkan analisa hasil eksperimen tersebut. Berapapun sudut tekuk plat profil Λ yang dipasang di punggung sudu Savonius, pasti akan menghasilkan suatu kondisi terjelek dimana nilai gaya hambat negatif meningkat tinggi sehingga menyebabkan putaran dan daya kincir angin menjadi rendah. Kondisi terjelek ini terjadi saat posisi sudut putar sudu berada dimana permukaan dari salah satu sisi plat profil Λ pada punggung sudu tegak lurus menghadang aliran angin datang. Pada contoh gambar hasil simulasi CFD diatas terjadi pada posisi sudut putar 0° . Dalam posisi tersebut membutuhkan kecepatan angin yang lebih tinggi dibanding Savonius Konvensional untuk mampu memberi torsi awal dan kestabilan putaran.

Adapun terkait dengan model A1 yang efisiensinya terendah. Hal ini dikarenakan besarnya kerugian yang terjadi pada model A1. Kerugian tersebut berupa: a). Meningkatnya gaya hambat negatif akibat meningkatnya luasan punggung sudu yang terterpa angin saat posisi sudu $0^\circ - 90^\circ$ dan posisi sudu $165^\circ - 180^\circ$ terhadap aliran angin datang. Peningkatan luasan punggung sudu juga menyebabkan selisih gaya hambat menjadi mengecil sehingga putaran kincir angin modifikasi menjadi rendah. b) Terbentuknya vortek yang lebih besar saat posisi sudu $15^\circ - 45^\circ$ dan $120^\circ - 165^\circ$ terhadap aliran angin datang. Vorteks akan melemahkan energi kinetik yang dikandung angin sehingga energi yang dihasilkan untuk memutar kincir angin juga rendah. Vortek atau pusaran angin juga mampu mengurangi bahkan menghilangkan energi kinetik angin. Hal ini dikarenakan pusat pusaran memiliki tekanan terendah yang akan menyerap energi disekitarnya guna mencapai kesetimbangan.

4. Kesimpulan

1. Pemasangan plat bersudut pada punggung sudu Savonius menurunkan unjuk kerja baik berupa putaran maupun efisiensi kincir angin.
2. Berdasar simulasi, pemasangan plat bersudut meningkatkan gaya hambat negatif dan terbentuknya vorteks.

5. Daftar Referensi

- [1] Deda B. Altan, et.al, *An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining*, Experimental Thermal and Fluids Science, 32: p.p 1673 -1678, 2008.
- [2] Saha UK, Rajkumar MJ., *On the performance analysis of Savonius rotor with twisted blades*. Renewable Energy, 31: p.p1776–1788, 2006.
- [3] Deda B. Altan , *Performance Investigation of Savonius Wind Rotor with Curtaining Method*, Ph.D. Thesis in: Mechanical Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Pamukkale University, Denizli, Turkey, p. 147 (in Turkish), 2006
- [4] Magar, Nildha D., *Uji Eksperimental Plat persegi yang Dibentuk Profil L dengan Variasi Sudut Tekuk untuk Mendapatkan Koefisien Gaya Hambat dan Koefisien Gaya Angkat*, Skripsi JTM FT Unmer Malang, 2004