

PENGARUH MODIFIKASI GEOMETRI PADA ROTOR TURBIN ANGIN SAVONIUS TERHADAP NILAI KOEFISIEN POWER (Cp)

Dandun Mahesa P^{1*)}, Dwi Aries Himawanto ¹⁾
*prabowoputra.dandunmahesa@gmail.com

^{1*)} mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret

¹⁾ Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret

Abstrak

Angin merupakan sumber energi baru yang memiliki potensi besar sebagai pembangkit energi baru. Pengolahan energi angin cukup mudah dengan menggunakan turbin Savonius yang memiliki struktur sederhana. Banyak penelitian melakukan modifikasi terhadap geometri rotor savonius. Penelitian perubahan geometri tersebut antara lain modifikasi poros, bentuk sudu, jumlah stage dan sudut twist. Dari penelitian study literatur di simpulkan bahwa modifikasi geometri bentuk sudu memiliki peningkatan Cp terbaik.

Kata Kunci : Turbin Angin, Koefisien power, Savonius Rotor, Modifikasi Geometri.

1. PENDAHULUAN

Tantangan terbesar di bidang Energi adalah mengkoversi dari ketergantungan bahan bakar fosil menjadi pemanfaatan sumber energi baru selain Fosil. Pengembangan sumber energi baru sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Ini menunjukkan bahwa produksi energi dari sumber energi baru seperti turbin angin, panas matahari, dll, merupakan sumber utama energi baru yang ada didalam sistem [9]. Energi angin merupakan salah satu sumber energi baru yang memiliki potensi besar untuk memproduksi energi dengan menggunakan turbin angin.

Turbin angin terbagi menjadi dua jenis turbin, yaitu Turbin Angin Horisontal Axis dan Turbin Angin Vertikal Axis. Turbin angin vertikal axis salah satunya adalah Turbin Angin Savonius. Turbin angin Savonius pertama kali ditemukan oleh Sigurd Johannes Savonius pada tahun 1922. Desain Rotor Savonius merupakan adaptasi dari Sistem Rotor pada Prinsip Rotor Flettner. Savonius Rotor memiliki struktur yang sederhana, dan mudah dilakukan modifikasi desain geometrinya. Selain itu, Savonius Rotor juga mudah di aplikasikan pada turbin air dan turbin angin. Bentuk Rotor pada savonius memiliki kemampuan menerima aliran dari segala arah. Oleh karena itu penelitian mengenai rotor savonius pada turbin terus

berkembang, baik penelitian yang dilakukan secara eksperimental maupun Simulasi.

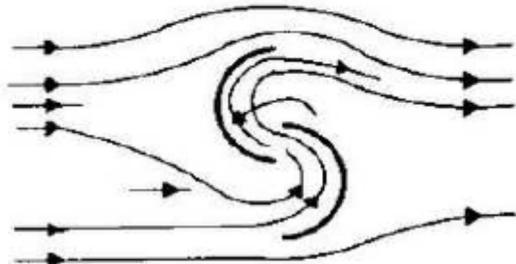
Penelitian mengenai pengaruh modifikasi geometri terhadap performa savonius rotor telah banyak dilakukan. Pada tahun 2008, MA.Kamoji [1] melakukan modifikasi desain pada rotor savonius (tanpa poros diantara *endplate*). A.Damak [2] melakukan penelitian pengaruh modifikasi rotor helix tanpa *endplate* pada savonius wind turbin terhadap performanya di tahun 2012. Keum Soo Jeon [3] melakukan penelitian yang serupa, melakukan modifikasi menggunakan rotor helix, namun ia menambahkan *endplate* pada rotor tersebut pada 2015. Penelitian terhadap modifikasi geometri rotor savonius banyak dilakukan dalam dekade ini, baik dilakukan secara eksperimental maupun secara simulasi. Modifikasi yang dilakukan berupa bentuk rotor [1][2] [3], variasi sudut helix [6], jumlah *blade*, multi stage [4][5][8], overlap rasio [7] dan beberapa modifikasi lainnya. Pada penelitian-penelitian tersebut, perubahan geometri di kaitkan dengan parameter-parameter yang mempengaruhi performa savonius turbin. Parameter yang digunakan sebagai dasar performa turbin tersebut adalah *Power Coeficient (Cp)*.

Banyaknya penelitian mengenai pengaruh perubahan geometri terhadap performa turbin savonius menunjukkan ketertarikan para peneliti terhadap topik tersebut. Oleh karena itu,

merupakan suatu tantangan untuk meningkatkan kinerja savonius turbin angin. Beberapa penelitian telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk literatur / jurnal ilmiah. Sehingga pembuatan artikel / penelitian literasi kali ini, bertujuan untuk meninjau modifikasi desain geometri rotor pada turbin angin savonius terhadap parameter performa kinerja turbin angin savonius tersebut.

2. PRINSIP KERJA SAVONIUS

Rotor Savonius merupakan adaptasi dari Sistem Rotor pada Prinsip Rotor Flettner, sehingga prinsip kerja rotor savonius serupa dengan Prinsip Rotor Flettner. Kerja dari savonius rotor adalah menggunakan koefisien resistansi yang berbeda antara dua buah *Blade* pada turbin angin. Torsi yang dihasilkan oleh *Blade* cekung lebih tinggi daripada pisau *Blade* sehingga terjadi rotasi. Bersamaan dengan itu [10], sebagian aliran udara tiba di permukaan bawah angin cembung melalui terowongan angin yang menghasilkan torsi karena beberapa gaya aerodinamis. Prinsip berjalan dari turbin angin Savonius untuk angin yang menghadap hanya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Aliran Udara pada savonius

Struktur yang sederhana, serta dapat diaplikasikan pada willyah dengan kecepatan angin yang rendah, membuat turbin angin savonius menarik untuk dikembangkan.

3. PERSAMAAN YANG DIGUNAKAN DALAM PERHITUNGAN PARAMETER

Tentunya hasil dari penelitian / investigasi yang telah dilakukan oleh peneliti, baik secara eksperimental maupun simulasi di dasari oleh beberapa persamaan-persamaan dasar yang digunakan untuk menghitung parameter

tersebut. Persamaan-persamaan tersebut adalah :

Bilangan Reynolds dengan fungsi diameter, sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho U D}{\mu} \quad (1)$$

Untuk TSR (Tip Speed Ratio) diperoleh dengan :

$$TSR = \frac{\omega D}{2U} \quad (2)$$

Koefisien Torsi (Ct) dan koefisien Power (Cp) diperoleh dari :

$$Ct = \frac{4T}{\rho U^2 D^2 H} \quad (3)$$

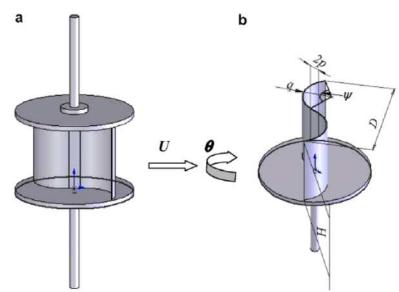
$$Cp = TSR \times Ct \quad (4)$$

Dimana Re merupakan bilangan Reynolds, U ialah kecepatan aliran bebas, ρ untuk massa jenis udara, D adalah diameter rotor, μ merupakan viskositas absolut udara, ω merupakan kecepatan sudut, Ct untuk koefisien torsi dan Cp untuk koefisien Power.

4. PENGARUH MODIFIKASI GEOMETRI ROTOR

a. Turbin Angin Savonius Tanpa Shaft / Poros.

M.A. Kamoji a, S.B. Kedare a, S.V. Prabhu melakukan modifikasi rotor savonius pada penelitiannya di tahun 2008. Mereka melakukan modifikasi rotor pada turbin angin savonius dengan menghilangkan *Shaft* / poros pada rotor tersebut. Dimana penelitian tersebut dilakukan pada 3 variasi angka reynold. Dari hasil penelitian tersebut [1], diperoleh bahwa menghilangkan *shaft* pada rotor dapat meningkatkan koefisien Power (Cp) pada turbin angin Savonius. Peningkatan [1] tersebut sebesar 17% pada bilangan reynold 100.000, 11% pada bilangan reynold 120.000, dan 18% pada bilangan reynold 150.000. Dimana hasil penelitian [1] tersebut ditunjukan pada tabel 01, dan modifikasi geometri ditunjukan pada gambar 01.



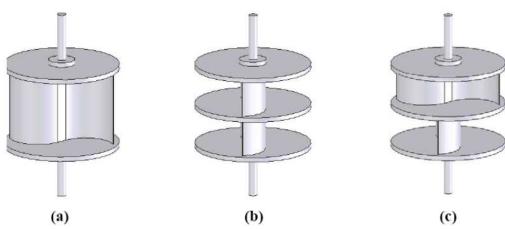
Gambar .01 Rotor Turbin savonius tanpa Poros [1]

Rotor	$Re = 100,000$		
	C_p at C_p_{max}	TSR at C_p_{max}	C_t at C_p_{max}
Conventional Savonius	0.15	0.77	0.20
Modified optimum Savonius (with shaft)	0.12	0.56	0.22
Modified optimum Savonius (without shaft)	0.18	0.63	0.27

Tabel .01 hasil Penelitian yang dilakukan M.A. Kamoji [1]

b. Turbin Angin Savonius dengan Rotor Multi Stage

Pada tahun 2011, M.A. Kamoji melakukan modifikasi pada rotor dengan membuatnya *Multi Stage*, yaitu dengan rotor two stage dan three stage pada turbin angin savonius. Penelitian tersebut dilakukan pada dua variasi bilangan reynold, yaitu pada 80.000 dan 100.000. Hasil penelitian tersebut [4] menunjukkan , bahwa koefisien power (C_p) mengalami penurunan pada two stage dan three stage bila dibandingkan dengan single stage. Dimana koefisien power mengalami penurunan pada bilangan reynold 80.000 sebesar 23% pada two stage dan 41% pada three stage, dan pada bilangan reynold 100.000 mengalami penurunan sebesar 17% pada two stage dan 28% pada three stage. Hasil dan gambar desain [4] penelitian tersebut ditunjukan oleh gambar 02 dan tabel 02.



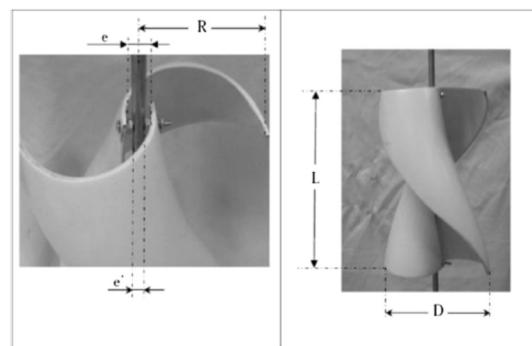
Gambar .02 Rotor Turbin savonius (a) Single Stage (b) Two Stage (c) Three Stage [4]

Modified Savonius rotor (RAR = 0.7)	Stage aspect ratio	$Re = 80000$		$Re = 100000$	
		C_p at C_p_{max}	C_t at C_p_{max}	C_p at C_p_{max}	C_t at C_p_{max}
Single stage	0.7	0.17	0.25	0.18	0.24
Two stage	0.35	0.13	0.15	0.15	0.20
Three stage	0.23	0.10	0.13	0.13	0.20

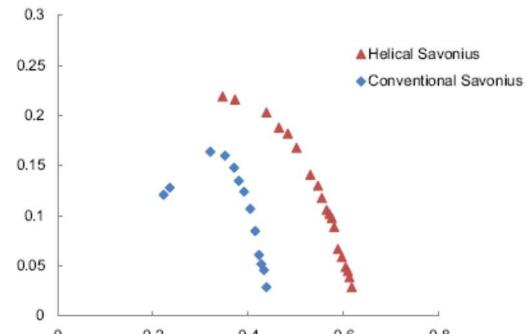
Tabel .02 hasil Penelitian yang dilakukan M.A. Kamoji pada rotor Single Stage, Two Stage dan three Stage [4]

c. Turbin Angin Savonius dengan Rotor Helix dengan Sudut 180^0 tanpa Endplate

[13] Modifikasi ini adalah membuat desain rotor menjadi berbentuk ulir atau helix dengan sudut 180^0 . Pada penelitian ini, modifikasi Rotor Savonius tanpa menggunakan endplate, dimana bentuk geometri ditampilkan pada gambar 03. Penelitian ini menunjukan bahwa modifikasi savonius rotor berbentuk helix memiliki peningkatan performa dibandingkan dengan savonius konvensional. Pada penelitian tersebut diperoleh nilai C_p max sebesar 0,2 pada turbin angin savonius dengan rotor helix, dan 0,16 pada turbin angin dengan rotor konvensional. Hasil tersebut ditunjukan pada gambar 04.



Gambar .03 Rotor Turbin savonius dengan modifikasi helix dengan sudut 180^0 [13]

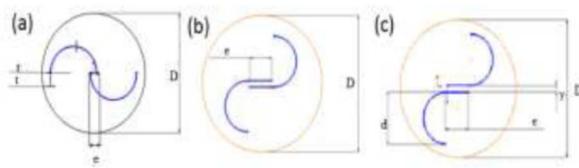


Gambar .04 grafik Nilai C_p pada Savonius Helix dan savonius konvensional [13]

d. Turbin Angin Savonius dengan modifikasi bentuk Sudu

[14] Penelitian pengaruh bentuk sudu telah dilakukan, dimana bentuk sudu yang berbentuk semi-circular menjadi semi-circular bertingkat kedalam dan bertingkat keluar. Dimana Skematik rotor ditunjukan pada gambar 05. Dari penelitian tersebut diperoleh C_p max terbesar pada rotor dengan type

Semi-Circular bertingkat keluar. Nilai Cp max yang bisa diperoleh dari masing-masing rotor semi-circular , semi-circular bertingkat kedalam dan semi-circular bertingkat keluar secara berurutan adalah 0,25 ; 0,35 dan 0,48.



Gambar .05 rotor savonius (a) semi-circular (b)semi-circular bertingkat kedalam (c) semi-circular bertingkat keluar [14]

5.KESIMPULAN

Dari penelitian-penelitian tersebut diatas di rangkum dalam tabel 03 dibawah ini. Dari tabel tersebut terlihat bahwa peningkatan Cp terbaik sebesar 92% pada modifikasi geometri untuk bentuk sudu semi-Circular bertingkat keluar. Nilai terkecil adalah pada modifikasi three-stage yang menunjukan penurunan sebesar 28%.

No	Detail modifikasi	Peningkatan Cp
1	tanpa poros	18%
2	two-stege	-17%
3	three-stage	-28%
4	helix (twist 180 ⁰)	25%
5	Semi-Circular bertingkat dalam	40%
6	Semi-Circular bertingkat Luar	92%

Tabel .03 Nilai peningkatan Cp yang disebabkan pengaruh perubahan desain geometri.

Referensi

1. 2008 Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor_M.A. Kamoji a, S.B. Kedare a, S.V. Prabhu b
2. 2012 Experimental investigation of helical Savonius rotor with a twist of 180_A. Damak, Z. Driss, M.S. Abid
3. 2015 Effects-of-end-plates-with-various-shapes-and-sizes-on-helical Savonius wind turbines_Keum Soo Jeon a, Jun Ik Jeong b, Jae-Kyung Pan c, Ki-Wahn Ryu d,
4. 2011 Experimental Investigations on Two and Three Stage Modified Savonius Rotor_Kamoji M.A.1, Kedare S.B.1 and Prabhu S.V.2,
5. 2016_Numerical-and-experimental-characterization-of-multi-stage-Savonius rotor_Sobhi Frika, Zied Driss, Emna Ayadi, Zied Masmoudi, Mohamed Salah Abid
6. 2014 Experimental Analysis of a 20° Twist Helical Savonius Rotor at Different overlap condition_Bachu Deb1, a, Rajat Gupta 2, b and R.D. Misra3, c
7. 2018 Numerical Analysis of Different Blade Shapes of a Savonius Style Vertical Axis Wind Turbine_Sarith Kumar R, Micha Premkumar T, Seralathan Sivamani‡, Hariram V
8. 2016_Numerical-and-experimental-characterization-of-multi-stage-Savonius rotor_Sobhi Frika, Zied Driss, Emna Ayadi, Zied Masmoudi, Mohamed Salah Abid
9. Lund H. Large-scale integration of wind power into different energy systems. Energy 2005;30:2402e12
10. 2012 The Innovative Design and Simulation Analysis of Small Savonius Wind Turbine Chao-Yuan Cheng1
11. 2014 Review-of-fluid-dynamics-aspects-of-Savonius--rotor-basedvertical-axis wind rotor_Can Kang a,b,n, HaixiaLiu c, XinYang a
12. Design and numerical investigation of Savonius wind turbine with discharge flow directing capability
13. 2012 Experimental investigation of helical Savonius rotor with a twist of 180_A. Damak, Z. Driss, M.S. Abid
14. 2018 Numerical Analysis of Different Blade Shapes of a Savonius Style Vertical Axis Wind Turbine_Sarith Kumar R, Micha Premkumar T, Seralathan Sivamani‡, Hariram V