POLITEKNIK NEGERI BANDUNG – POLBAN
JL. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga Bandung, Tel. (022)200.7651, Fax. (022)201.3889
E-mail: jtmpolban_semnas_st_2010@yahoo.com , URL: www.polban.ac.id

Kaji Numerik Optimasi Kinerja Rotor Savonius Dua Bilah dan Tiga Bilah

Maria F. Soetanto(1) dan Asri Yusnita(2)

(1)Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung, Telp dan Fax (022) 2013789 dan 2013788
mariasoetanto@yahoo.com

(2)PT. Travira Air

Abstrak

Dalam pemanfaatan energi angin dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) jenis rotor savonius, bentuk dan jumlah bilah merupakan faktor penentu kinerja rotor karena besarnya daya yang diperoleh ditentukan besarnya gaya hambat yang dihasilkan oleh konfigurasi rotor tersebut. Makalah ini menampilkan kinerja SKEA dari konfigurasi rotor savonius dua bilah dan konfigurasi rotor tiga bilah. Kinerja SKEA dinyatakan dalam koefisien gaya hambat (Cd) yang terjadi akibat viskositas aliran udara di sekitar bilah rotorpada berbagai desain sudut serang. Perhitungan dilakukan secara numerik menggunakan perangkat lunak Fluent6.3.26 dengan lima variasi sudut serang, α, untuk masing-masing desain bilah, yaitu α = 0,2 , 0,4 , 0,6 , 0,8 , 1, dan 1,2. Dari hasil perhitungan diperoleh Cd maksimum konfigurasi rotor dua bilah sebesar 1, 3646 pada rasio sudut serang α = 0,6, sedangkan untuk konfigurasi rotor tiga bilah nilai Cd terbesar berada pada rasio α = 1.2 , yaitu sebesar 1.9688.

Kata kunci: SKEA, rotor savonius, konfigurasi dua bilah, tiga bilah, kaji numerik, sudut serang, koefisien gaya hambat

Abstract

In exploiting of wind energy in the Wind Energy Conversion System (WECS) of savonius rotor type, the number and the form of the blade's rotor is an important factor to determine the rotor performance because of the rotor power obtained is determined by drag force yielded by this rotor's configuration. This paper presents the WECS's performance of two blades of savonius rotor type configuration and three blades configuration. The performance expressed in drag force coefficient (Cd) caused by air current viscosity around the rotor's blades at various angle of attack designs. The calculation is done by numerical study by using Fluent 6.3.26 by given five various angle of attack, α, for each blades design, that is α = 0,2 , 0,4 , 0,6 , 0,8 , 1, and 1,2. The result obtained the maximum Cd of two blades rotor configuration equal to 1, 3646 at α = 0,6, while for the three rotor configuration the biggest Cd obtained at ratio α = 12 , that is 19688.

Keyword: WECS, savonius rotor, two blades configuration, three balades configuration, numerical study , angle of attack, drag coefficient

1. PENDAHULUAN

Rotor Savonius digolongkan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) jenis Poros Vertikal, yaitu turbin angin yang mempunyai poros yang tegak lurus terhadap arah aliran angin. Turbin Angin jenis ini memiliki efisiensi relatif kecil jika dibandingkan dengan rotor berporos horizontal, tetapi mempunyai keuntungan dibanding turbin angin jenis yang lain, yaitu dapat bergerak dengan kecepatan angin yang relatif kecil. Selain itu dipilihnya Rotor Savonius dalam penelitian ini yaitu dikarenakan teknologi pembuatannya yang sederhana dan dalam proses kerjanya hanya didayai oleh angin. Hal ini didasari oleh penelitian sebelumnya mengenai daya yang dihasilkan oleh Rotor Savonius yang dilakukan secara eksperimen model. [Soetanto,dkk,2006].

Penelitian ini dilakukan untuk menindak lanjuti hasil penelitian-penelitian pada program SPP-DIKS, yaitu Rancang Bangun dan Optimasi Pemodelan Vertical Low Speed Windmill Dengan Memanfaatkan Energi Angin Sebagai Penggerak [5] dan Kaji Eksperimen Efek Rasio Tip-plate Terhadap Koefisien Daya Rotor Savonius [6] untuk merancang suatu turbin angin Rotor Savonius guna menghasilkan energi elternatif pengganti energi listrik. Kelebihan turbin angin Rotor Savonius sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) dibandingkan dengan SKEA lain adalah

kemampuan beroperasi pada kecepatan angin yang relatif rendah, yaitu sekitar 1 – 2 m/s, sehingga sangat sesuai digunakan di Indonesia yang termasuk daerah muson [Tedjasukmana, 1980].

Besarnya daya listrik yang dapat dihasilkan oleh rotor savonius adalah sebanding dengan kecepatan angin yang masuk melalui rotor dalam pangkat 3.

$$P = C_P . \rho . A . U^3 \quad \text{...(1.1)}$$

dimana :

P	=	Daya Rotor [Watt]
C_p	=	Koefisien Daya
ρ	=	Massa Jenis Udara [$^{kg}/_{m^3}$]
A	=	Luasan
U	=	Kecepatan Angin [$^{m}/_{s}$]

Daya tersebut sebanding dengan hasil kali momen torsi rotor dengan kecepatan putar rotor yang dihasilkannya, sedangkan momen torsi sendiri adalah hasil perkalian gaya hambat yang terjadi (D) dengan jarak rotor (d); adapun gaya hambat rotor diperoleh dari:

$$D = Cd . \rho . A . U^2 \quad \text{………………..…………….. (1.2)}$$

dimana Cd adalah koeffisien gaya hambat

Hal ini berarti, jika koeffisien gaya hambat, Cd, bertambah maka gaya hambat akan bertambah, demikian juga kecepatan putar juga akan bertambah. Berdasarkan pemikiran tersebut diatas, makalah ini menyampaikan optimasi kinerja SKEA rotor savonius antara konfigurasi dua bilah dan tiga bilah rotor. Perhitungan dilakukan secara numerik dengan menggunakan perangkat lunak Fluent 6.3.26.

2. METODOLOGI

Kaji numerik optimasi karakteristik bilah rotor dilakukan guna mendapatkan optimasi desain dan tipe rotor. Dalam memecahkan permasalahan tersebut terlebih dahulu dibuat model turbin angin dalam suatu volume atur yang telah dihitung sehingga aliran fluida dapat berkembang penuh (*fully develoedp flow*). Model rotor yang digunakan adalah model rotor dua bilah dan rotor tiga bilah. Selanjutnya masing-masing model rotor tersebut diberikan inisialisasi batasan dan kondisi batasan-batasan lain yang sesuai, yaitu kondisi batas *wall* pada rotor, kondisi *velocity inlet* pada inlet, kondisi *outflow* pada outlet, serta kondisi *symmetry* pada bagian-bagian yang lainnya. Langkah berikutnya ditetapkan variable-variabel pada perhitungan secara numerik

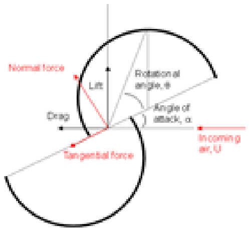
- Seleksi tingkat p
- Perkiraan dari persamaan yang akan dipecahkan
  - Pemodelan turbulensi yang akan digunakan
  - Pemberian kondisi awal dan kondisi-kondisi batas
  - Pembentukan sistim grid
  - Toleransi keakuratan yang dapat digunakan
  - Percepatan dari konvergensi solusinya

Gambar 1 (a) Rotor dua bilah dan (b) rotor tiga bilah dalam volume atur

3. . HASIL DISKUSI

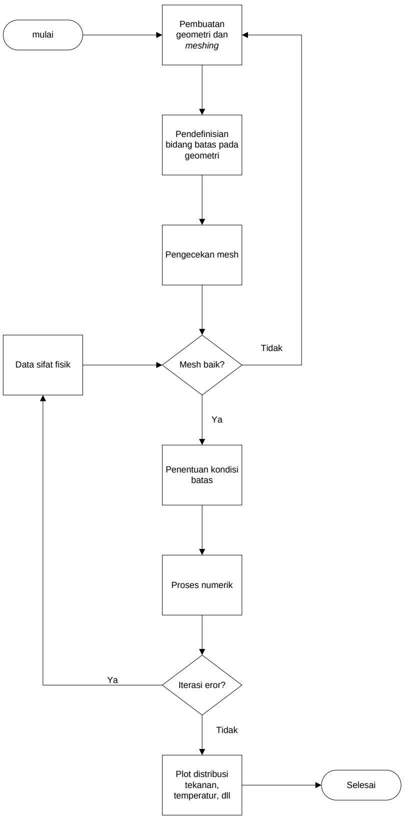
Kalkulasi optimasi desain bilah rotor dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Fluent 6.3.26 dengan membandingkan desain dua dimensi turbin angin poros vertikal rotor savonius dua bilah dan rotor savonius tiga bilah. Baik rotor dua bilah maupun rotor tiga bilah, masing-masing diletakkan dalam suatu volume atur dengan jarak yang telah diperhitungkan sehinggga di bagian belakang rotor terjadi aliran yang berkembang penuh (*fully developed flow*) seperti terlihat dalam Gambar 1 sebelumnya.

Analisa dilakukan dengan membandingkan koefisien gaya hambat yang diperoleh dari masing-masing desain berdasarkan variasi rasio sudut serang, α (Gambar 2). Dalam perhitungan ini diberikan lima variasi sudut serang, α untuk masing-masing desain bilah, yaitu α = 0,2 , 0,4 , 0,6 , 0,8 , 1, dan 1,2.



Gambar 2. Gaya yang bekerja pada rotor savonius

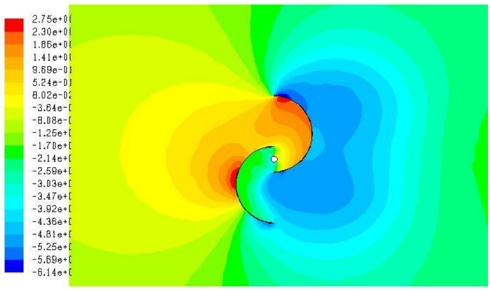
Diagram alur perhitungan numerik ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 3. Diagram alir prosedur simulasi

Hasil Perhitungan Desain Rotor Dua Bilah

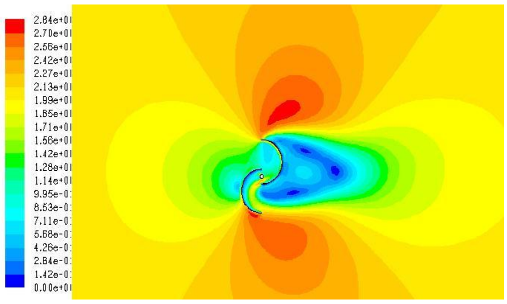
Optimasi desain rotor dua bilah diwakili oleh karakteristik aerodinamika aliran di sekitar bilah rotor, meliputi distribusi tekanan, distribusi kecepatan, vektor kecepatan, dan koefisien gaya hambat yang terjadi.



Gambar 4. Distribusi tekanan yang terjadi pada α = 1,2.

Hasil perhitungan tekanan di sekitar rotor dua bilah diperlihatkan dalam Gambar 4. di atas. Daerah betekanan tinggi dinyatakan dalam warna merah, sedangkan daerah yang bertekanan rendah dinyatakan dalam warna biru

Gambar 5. menunjukkan hasil perhitungan distribusi kecepatan pada rotor dua bilah, Kecepatan maksimum yang terjadi adalah sebesar 28,4 m/s, sedangkan kecepatan minimum yang dihasilkan sebesar 0,142 m/s.



Gambar 5. Distribusi kecepatan yang terjadi pada α = 1,2.

Dari hasil perhitungan numerik karakteristik aliran di sekitar rotor dengan dua bilah diperoleh koefisien gaya hambat untuk masing-masing rasio sudut serang yang diberikan, seperti yang terlihat dalam Tabel 1.

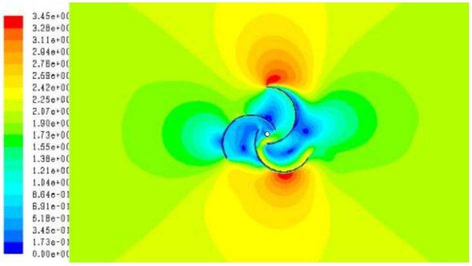
Tabel 1. Hasil proses komputasi rotor Savonius dua bilah dalam 2D

α	**ω (rad/s)**	**Cd**
0,2	1,65	1,3646
0,4	3,29	1,3631
0,6	4,95	**1,3646**
0,8	6,59	1,3635
1,0	8,24	1,3625
1,2	9,88	1,3620

Dari tabel di atas terlihat bahwa Cd maksimum sebesar 1, 3646 diperoleh pada rasio sudut serang α = 0,6.

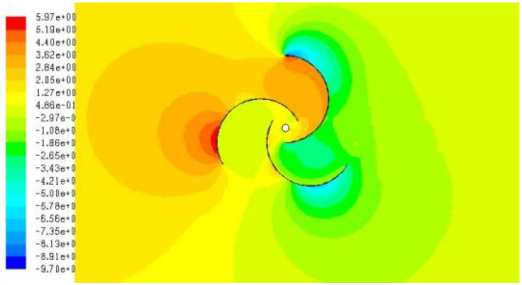
Hasil Perhitungan Desain Rotor Tiga Bilah

Hasil komputasi distribusi kecepatan rotor tiga bilah ditampilkan dalam Gambar 6. Variasi kecepatan yang diperoleh berkisar dari 0,173 m/s hingga 3,45 m/s yang ditunjukkan dengan degradasi warna dari warna biru yang berarti kecepatan minimum hingga warna merah yang mewakili kecepatan maksimum.



Gambar 6. Kontur kecepatan pada rotor tiga bilah untuk α = 1,2.

Gambar 7. di bawah ini memperlihatkan distribusi tekanan yang terjadi pada rotor tiga bilah, diperoleh variasi tekanan sebesar 0,486 x 10^5 Pa hingga 5,97 x 10^5 Pa pada hulu aliran dan variasi tekanan sebesar 2,97 x 10^5 Pa hingga 9, 7 x 10^5 Pa terjadi pada bagian hilir.



Gambar 7. Distribusi tekanan pada rotor tiga bilah untuk α = 1,2.

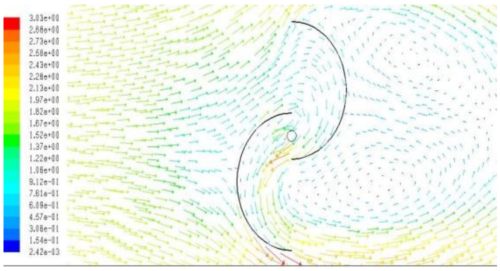
Tabel 2. Hasil proses komputasi rotor Savonius tiga bilah dalam 2D

α	ω (rad/s)	Cd
0,2	1,65	1,9301
0,4	3,29	1,9377
0,6	4,95	1,9473
0,8	6,59	1,9512
1,0	8,24	1,9591
1,2	9,88	**1,9688**

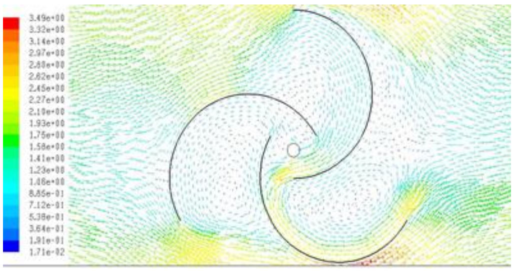
Tabel 2. menampilkan hasil perhitungan koefisien gaya hambat yang dihasilkan rotor savonius tiga bilah untuk masing-masing rasio sudut serang. Di sini terlihat bahwa nilai Cd terbesar berada pada rasio α = 1.2 , yaitu sebesar 1.9688.

Dari hasil komputasi antara rotor dua bilah dan rotor tiga bilah dapat dilihat bahwa perbedaan variasi tekanan yang diperoleh di bagian hulu dan bagian hilir pada rotor tiga bilah lebih besar dibandingkan hasil perhitungan distribusi tekanan pada rotor dua bilah. Perbedaan variasi tekanan antara hulu dan hilir bilah rotor menunukkan besarnya nilai gaya hambat yang dapat dihasilkan oleh desai rotor tersebut. Semakin besar perbedaan distribusi tekanannya berarti semakin besar pula gaya hambat yang dihasilkan untuk memutar turbin angin.

Gambar 8.a dan 8.b di bawah menunjukkan perbedaan kecepatan yang tejadi antara rotor dua bilah dan rotor tiga bilah pada rasio sudut serang yang sama. Disini terlihat bahwa rotor tiga bilah memperoleh kecepatan maksimum yang lebih besar dibandingkan dengan rotor dua bilah, yang mana dapat disimpulkan bahwa konfigurasi desai rotor tiga bilah mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan rotor dua bilah. Dengan hasil analisa tersebut, maka untuk tahap selanjutnya penelitian ini, dilakukan perancangan dan pembuatan prototipe turbin angin poros vertikal dengan desain rotor savonius tiga bilah.



(a)



(b)

Gambar 8. Perbandingan vektor kecepatan pada rotor dua bilah (a) dan (b) rotor tiga bilah .

Perbandingan hasil proses komputasi koefisien gaya hambat untuk masing-masing desain rotor dua bilah maupun tiga bilah ditampilkan dalam Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Koefisien gaya hambat, Cd, untuk desain rotor dua bilah dan tiga bilah.

α	ω	Cd (rotor 2 bilah)	Cd (rotor 3 bilah)
0.2	1.648	1.3646	1.9302
0.4	3.296	1.3631	1.9377
0.6	4.944	1.3646	1.9473
0.8	6.592	1.3635	1.9512
1	8.24	1.3625	1.9591
1.2	9.88	1.3620	1.9688

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan secara numerik diperoleh koefisien gaya hambat rotor tiga bilah lebih besar daripada yang diperoleh rotor dua bilah. Dengan menggunakan persamaan gaya hambat, $D = 1/2.\rho.V^2.S.Cd$, dengan ρ adalah kerapatan volume udara, V adalah kecepatan udara dan S adalah luasan, maka akan diperoleh gaya hambat untuk rotor tiga bilah lebih besar dibandingkan rotor dua bilah.

DAFTAR PUSTAKA

1. -, *Blue Print Pengelolaan Energi Nasional*, Situs DESDM, www.desdm.go.id
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Wind
3. Berita Harian Kompas, *Rencana Penyediaan Tenaga Listrik tahun 2004-2013*, 25 Maret 2006.
4. D. Spera, *WIND TECHNOLOGY: The Fundamental Concept of Wind Turbine Engineering*, ASME Press, 1994.
5. Soetanto, Maria F. dan Sugianto, *Rancang bangun dan Optimasi pemodelan Vertical Low speed Windmill dengan Memanfaatkan Energi Angin Sebagai Penggerak*, Laporan Penelitian DIK-S, UPPM-POLBAN, 2003.
6. F.S. Maria dan Sugianto, *Kaji Eksperimen Performansi Rotor Savonius yang Mempunyai kerampingan 4 dan 8*, Laporan Penelitian DIK-S, UPPM-POLBAN, 2004.
7. Marsis, Wisjnu P., Kebijaksanaan Konservasi dan Diversifikasi Energi Sebagai Dasar Pengembangan Pemanfaatan energi Angin., Majalah LAPAN no. 14 th. III.
8. *The Value of Wind*, RepSource Indonesia Vol.2 No. 3, Winrock International, Winter 1997.