

UJI EKSPERIMEN MODEL TURBIN ANGIN SWIRLING SAVONIUS DENGAN DEFLEKTOR BERGERAK TERHADAP KINERJA DI TEROWONGAN ANGIN

Moch. Rizal Adi Irawan

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: moch.irawan@mhs.unesa.ac.id

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: indrasiregar@unesa.ac.id

Abstrak

Tujuan Penelitian ini untuk meningkatkan daya dan *Coefficient Power* turbin dengan menambahkan deflektor dan memodifikasi bilah turbin dengan memberi overlap pada bilah. Turbin angin dengan penambahan overlap pada bilah ini disebut turbin angin Swirling Savonius. Penelitian ini lebih memfokuskan pada variasi deflektor dengan sudut sebesar 45° dari datangnya arah angin. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Data yang diperoleh dari eksperimen dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik lalu dianalisis dan ditarik kesimpulan. penelitian menunjukkan bahwa daya terbaik diperoleh pada penambahan deflektor bergerak 16 buah dengan daya sebesar 2.2852 watt dengan beban 4200 gram. CP terbaik diperoleh dengan penambahan deflektor bergerak 16 buah dengan CP sebesar 11.9365 % dengan beban 4200 gram. Untuk karakteristik jumlah total cp terbaik antara sisi *advancing blade* dengan *returning blade* didapatkan pada variasi deflektor 16 sebesar 9.78 dengan total *advancing blade* 45.98 dan total *returning blade* -36.21. Variasi tanpa deflektor didapatkan total cp sebesar 5.90 dengan jumlah total *advancing blade* 11.81 dan total *returning blade* -5.91. Variasi deflektor 4 didapat total cp sebesar 1.82 dengan jumlah total *advancing blade* 11.76 dan total *returning blade* -9.94. Variasi deflektor 8 didapat total cp sebesar 3.41 dengan jumlah total *advancing blade* 20.30 dan total *returning blade* -16.89. Variasi deflektor 12 total cp didapat sebesar 5.85 dengan jumlah total *advancing blade* 11.76 dan total *returning blade* -9.94.

Kata kunci: Turbin Angin Swirling Savonius, Deflektor

Abstract

The purpose of this research is to increase the power and Coefficient Power of the turbine by adding a deflector and modifying the turbine blades by overlapping the blades. This wind turbine with the addition of overlap to this blade is called the Savonius Swirling wind turbine. This research focuses more on the variation of the deflector with an angle of 45° from the coming wind direction. This research uses a descriptive method. Data obtained from experiments are entered into tables and displayed in graphical form and then analyzed and drawn conclusions. research shows that the best power is obtained by adding 16 mobile deflectors with 2,2852 watts of power with a load of 4200 grams. The best CP is obtained by adding 16 mobile deflectors with CP of 11.9365% with a load of 4200 grams. For the characteristics of the best total cp number between the advancing blade and returning blade side, the deflector 16 variation is 9.78 with a total advancing blade 45.98 and the total returning blade is -36.21. Variations without deflectors obtained a total cp of 5.90 with a total number of advancing blades of 11.81 and a total of returning blades of -5.91. Variation of deflector 4 obtained total cp of 1.82 with total advancing blade of 11.76 and total returning blade of -9.94. Variation of deflector 8 obtained a total cp of 3.41 with a total number of advancing blades of 20.30 and a total returning blade of -16.89. The 12 total cp deflector variations were 5.85 with the total advancing blade 11.76 and total returning blade -9.94.

Keywords: Savonius Swirling Wind Turbine, Deflector

PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil merupakan sumber energi tak terbarukan. Untuk itu pemakaian sumber energi fosil lebih baik ditinggalkan dan diganti dengan sumber energi yang terbarukan.

Energi terbarukan sendiri adalah sumber energi yang cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan misalnya energi air, panas bumi, bio energi, energi angin, sinar matahari dan masih banyak lagi. Indonesia sendiri merupakan

salah satu negara dengan potensi energi terbarukan (*renewable energy*) yang sangat melimpah. Sayangnya sumber-sumber energi terbarukan tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal.

Berdasarkan bentuk relief Indonesia yang terdiri dari kawasan dataran rendah hingga dataran tinggi, yang sebenarnya menyimpan potensi energi alam yang sangat luar biasa. Salah satu sumber energi alam yang dapat dimanfaatkan adalah energi angin. Energi angin ini merupakan salah satu energi yang

terbarukan. Potensi energi angin di Indonesia berdasarkan data kecepatan angin di berbagai wilayah, sumber daya energi angin Indonesia berkisar antara 4 m/s - 7 m/s pada ketinggian 24 meter di atas permukaan tanah. Dengan kecepatan tersebut sumber daya energi angin Indonesia termasuk dalam kategori kecepatan angin kelas rendah hingga menengah sehingga potensial untuk pengembangan dengan skema pembangkit skala kecil. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk memanfaatkan energi angin adalah turbin angin. Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik.. Salah satu jenis turbin angin yang sering digunakan adalah turbin angin Savonius. Beberapa peneliti telah berusaha untuk menaikkan daya dan efisiensi turbin angin Savonius dengan berbagai upaya yang dilakukan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh N.H. Mahmoud dkk (2012:21). Penelitian ini membandingkan tentang jumlah bilah dari dua bilah (2b), tiga bilah (3b) dan empat bilah (4b), dengan rasio tumpang tindih (*overlap*) 0, 0,2, 0,25, 0,3 dan 0,35. Hasil penelitian menyatakan bahwa penggunaan 2 buah bilah pada turbin angin Savonius lebih efisien dari pada 3 dan 4 buah bilah dengan tanpa tumpang tindih (*overlap* 0) memberikan kekuatan mekanik yang lebih tinggi.

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Al-Faruk and Sharifian (2015). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa koefisien kekuatan turbin angin Swirling Savonius meningkat sekitar 27% lebih tinggi dari turbin konvensional. Namun, pada kecepatan sudut yang lebih rendah, kinerja turbin angin Swirling Savonius dan turbin Savonius konvensional hampir identik.

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Al-Faruk and Sharifian (2014). Pada penelitian ini membandingkan antara turbin angin Savonius konvensional dengan turbin angin Swirling Savonius dengan variasi rasio dan sudut bilah pisau tertentu. Untuk hasil koefisien daya maksimum diperoleh yaitu pada rasio 0,20 pisau tumpang tindih dengan sudut 195° sudut busur pisau. Hasil perbandingan antara turbin menunjukkan koefisien kekuatan turbin angin Swirling Savonius meningkat sebesar 25,5% dibandingkan dengan turbin konvensional.

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Kamoji et al. (2009). Penelitian ini menjelaskan tentang perbandingan kinerja modifikasi turbin angin Savonius dengan poros, modifikasi turbin angin Savonius tanpa poros dan turbin angin Savonius konvensional. Jurnal tersebut menjelaskan bahwa modifikasi turbin angin Savonius tanpa poros

memiliki nilai tertinggi koefisien daya diikuti oleh turbin angin Savonius konvensional (tanpa poros di antara pelat ujung) dan turbin angin Savonius yang dimodifikasi dengan poros.

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Budi Sugiharto dkk (2015). Penelitian ini dilakukan dengan Simulasi kincir angin Savonius menggunakan software ANSYS. Pengarah yang digunakan berbentuk pengarah plat datar dan lengkung. Sedangkan sudut yang dianalisis sebesar 0°, 45°, 90° dan 135° terhadap datangnya arah angin. Hasil torsi statik maksimum terjadi pada posisi sudut 45°. Torsi statik maksimum pada kincir dengan pengarah datar, dengan nilai lebih dari dua kali torsi statik tanpa pengarah. Disini pengarah lengkung tidak menunjukkan hasil yang lebih baik dibanding dengan pengarah datar.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Berapa daya terbaik yang dihasilkan dengan variasi penambahan deflektor bergerak pada turbin angin Swirling Savonius dengan sudut 45°?
- Berapa *Coefficient Power* (CP) terbaik yang dihasilkan dengan variasi penambahan deflektor bergerak pada turbin angin Swirling Savonius dengan sudut 45°?
- Bagaimana karakteristik *Coefficient pressure* (Cp) pada permukaan bilah turbin angin Swirling Savonius pada setiap variasi penambahan deflektor?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui:

- Untuk mengetahui daya terbaik yang dihasilkan dengan variasi penambahan deflektor bergerak pada turbin angin Swirling Savonius dengan sudut 45°
- Untuk mengetahui *Coefficient Power* (CP) terbaik yang dihasilkan dengan variasi penambahan deflektor bergerak pada turbin angin Swirling Savonius dengan sudut 45°.
- Untuk mengetahui karakteristik *Coefficient pressure* (Cp) pada permukaan bilah turbin angin Swirling Savonius pada setiap variasi penambahan deflektor.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah melakukan pengujian pengaruh

penambahan deflektor bergerak pada turbin angin Swirling Savonius dengan variasi jumlah deflektor sebanyak 4, 8, 12, 16 buah dengan sudut 45° yang diukur dari datangnya arah angin.

Tempat dan Waktu Penelitian

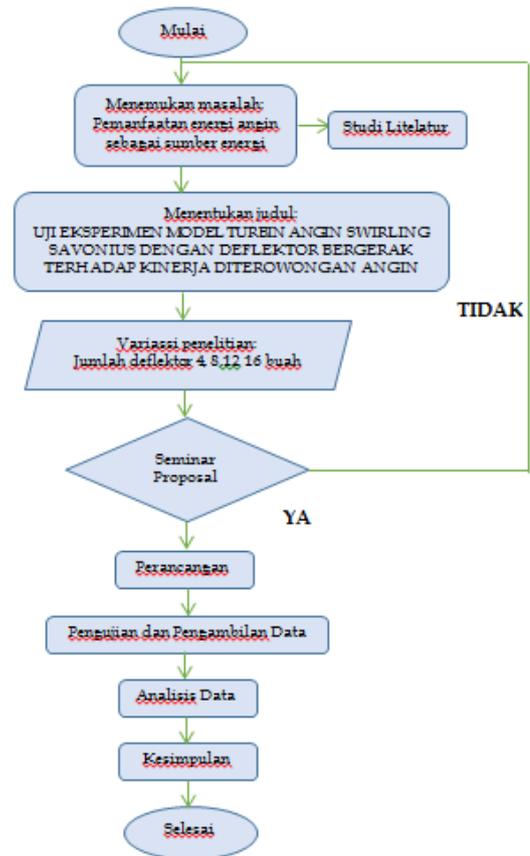
- Tempat Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Termodinamika Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Waktu
Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember 2018 hingga selesai.

Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah model turbin angin Swirling Savonius satu tingkat dengan menggunakan penambahan deflektor

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
 - Variasi deflektor bergerak dengan jumlah deflektor sebanyak 4, 8, 12, 16.
- Variabel Terikat
 - Variabel terikat pada penelitian ini adalah daya dan *Coefficient Power (CP)*
- Variabel Kontrol
 - Turbin angin Swirling Savonius satu tingkat dengan jumlah bilah sebanyak 2 buah.
 - Beban turbin angin yang digunakan sebesar 100 gram, 200 gram, 300 gram, 400 gram, 500 gram dan seterusnya hingga turbin angin berhenti berputar.
 - Kecepatan angin yang digunakan sebesar 4 m/s, 4,5 m/s, 5 m/s, 5,5 m/s, 6 m/s, 6,5 m/s, 7 m/s.



Gambar 1. Flowchart penelitian

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Data yang diperoleh dari eksperimen turbin angin Swirling Savonius dengan variasi penambahan deflektor dan tanpa deflektor dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang kemudian akan dianalisis lalu ditarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Daya Angin
 - Untuk menghitung daya angin digunakan rumus:

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A v^3$$
 Dimana:
 - P_a = Daya angin (watt)
 - ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)
 - A = Luas penampang rotor (m^2)
 - v = Kecepatan angin (m/s)
$$P_a = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.123 \times 0.12 \times (7)^3$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.123 \times 0.12 \times 343$$

$$= 19.2595 \text{ watt}$$
 - Daya Turbin

Untuk menghitung daya turbin digunakan rumus:

$$P_t = T \cdot \omega$$

Dimana:

P_t = Daya turbin (watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan putar (rpm)

Sedangkan untuk torsi didapat dengan rumus:

$$T = F \cdot r \\ = (F_1 - F_2) \cdot r$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)

F = Gaya beban (N) = $m \times g$, massa beban (gr), gravitasi (m/s^2)

r = Jari-jari turbin (m)

$$P_t = T \cdot \omega \\ = (F \cdot r) \cdot \omega \\ = ((F_1 - F_2) \cdot r) \cdot \left(\frac{2\pi N}{60}\right) \\ = \left(\left(\frac{4200 - 2100}{1000} \times 9.8\right) \times 0.075\right) \times \left(\frac{2 \times 3.14 \times 142.3}{60}\right) \\ = (20.58 \times 0.075) \times 14.8941 \\ = 0.15435 \times 14.8981 \\ = 2.2989 \text{ watt}$$

➤ **Coefficient Power (CP)**

Untuk menghitung CP digunakan rumus:

$$CP = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Dimana:

CP = Coefficient Power

P_t = Daya turbin (Watt)

P_a = Daya angin tersedia (Watt)

$$CP = \frac{2.2989}{19.2595} \times 100\% \\ = 11.9365 \%$$

➤ **Koefisien Tekanan atau Coefficient pressure (Cp)**

Untuk menghitung Cp dapat menggunakan rumus berikut:

$$C_p = \frac{P - P_\infty}{\left(\frac{1}{2}\right)\rho V_\infty^2}$$

Dimana:

C_p = Coefficient pressure

P = Tekanan statis pada bilah turbin

$$\left(\frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}\right)$$

P_∞ = Tekanan udara lingkungan $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}\right)$

V_∞ = Kecepatan angin (m/s)

ρ = Massa jenis udara $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

sedangkan untuk mendapatkan P menggunakan rumus:

$$P = \rho g h$$

Dimana:

P = Tekanan (N/m^2)

ρ = Massa jenis $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

h = Ketinggian permukaan (m)

$$h = 2 (H_2 - H_1) \sin(\alpha)$$

$$= 2 (11.2 - 9) \sin(5)$$

$$= \frac{2 (2.2) \sin(5)}{100}$$

$$= 0.0038$$

$$P = \rho g h$$

$$= (0.85456 \times 1000) \times 9.8 \times 0.0038$$

$$= 32.116 \text{ N/m}^2$$

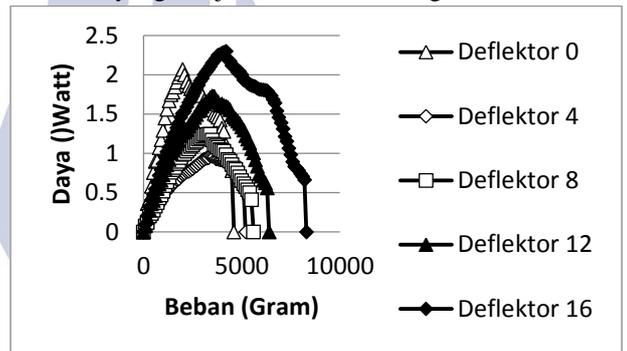
$$C_p = \frac{P - P_\infty}{\left(\frac{1}{2}\right)\rho V_\infty^2}$$

$$= \frac{32.116 - 5.8665}{\left(\frac{1}{2}\right) 1.123 \cdot 7^2}$$

$$= \frac{32.116 - 5.8665}{\left(\frac{1}{2}\right) 1.123 \cdot 49}$$

$$= 0.954$$

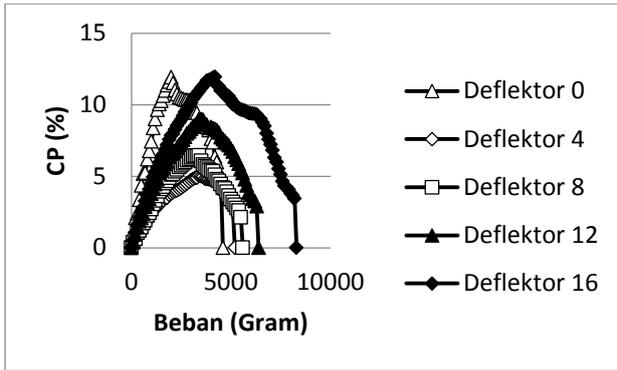
- Hasil perhitungan daya turbin angin Swirling Savonius yang disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 2. Grafik daya turbin angin vs beban pada kecepatan 7 m/s

Dari semua grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan angin dan semakin banyak penambahan deflektor yang digunakan maka daya yang dihasilkan turbin angin akan semakin meningkat. Dimana data menunjukkan bahwa daya turbin turbin angin yang dihasilkan pada kecepatan angin 7 m/s dengan penambahan variasi 16 deflektor lebih besar jika dibandingkan dengan kecepatan angin dan penambahan variasi deflektor lainnya. Daya turbin angin terbaik yang diperoleh adalah sebesar 2.2989 watt dengan beban sebesar 4200 gram.

- Hasil perhitungan daya turbin angin Swirling Savonius yang disajikan dalam bentuk grafik

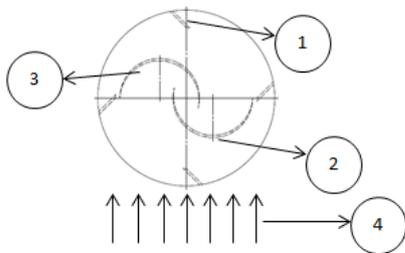


Gambar 3. Grafik CP turbin angin vs beban pada kecepatan 7 m/s

Coefficient Power (CP) merupakan perbandingan antara daya turbin angin (P_t) dengan daya angin (P_a) yang diekstrak oleh turbin. Sama halnya dengan daya, *Coefficient Power* yang dihasilkan turbin angin juga dipengaruhi oleh besarnya daya angin yang berhembus.

Dari grafik - grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan angin dan semakin banyak penambahan deflektor yang digunakan maka CP yang dihasilkan turbin angin akan semakin meningkat. Nilai CP turbin angin tertinggi diperoleh sebesar 11.9365 % pada kecepatan angin 7 m/s dengan beban sebesar 4200 gram dengan penambahan deflektor sebanyak 16 buah.

- Pengaruh penambahan deflektor bergerak terhadap daya dan *Coefficient Power* (CP)



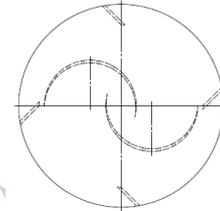
Gambar 4. Keterangan Bagian Turbin

Keterangan:

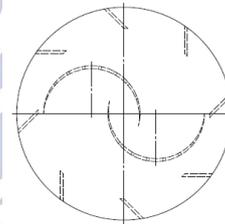
1. Deflektor
2. Sisi cembung bilah turbin angin (Returning blade)
3. Sisi cekung bilah turbin angin (Advancing blade)
4. Arah datangnya angin

Deflektor merupakan pengarah angin yang berfungsi untuk mengarahkan datangnya aliran angin yang akan menerpa permukaan cembung turbin angin ke permukaan cekung turbin, yang bertujuan untuk mengurangi gaya hambat yang menerpa sisi permukaan cembung pada turbin angin. Daya turbin turbin angin terbaik dihasilkan

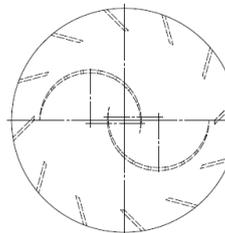
pada variasi 16 deflektor dibandingkan penambahan variasi deflektor lainnya. Ini dikarenakan pada variasi deflektor 16 angin yang datang mengarah ke turbin angin Swirling Savonius terfokus pada bilah sisi cekung dengan adanya penambahan variasi deflektor dan terjadi percepatan sehingga bilah sisi cembung tidak terlalu mendapatkan tekanan yang membuat putaran turbin bisa berputar secara maksimal.



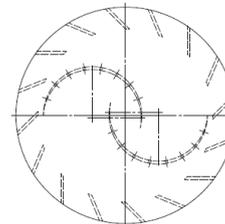
Gambar 5. Turbin Angin Swirling Savonius 4 Deflektor



Gambar 6. Turbin Angin Swirling Savonius 8 Deflektor



Gambar 7. Turbin Angin Swirling Savonius 12 Deflektor

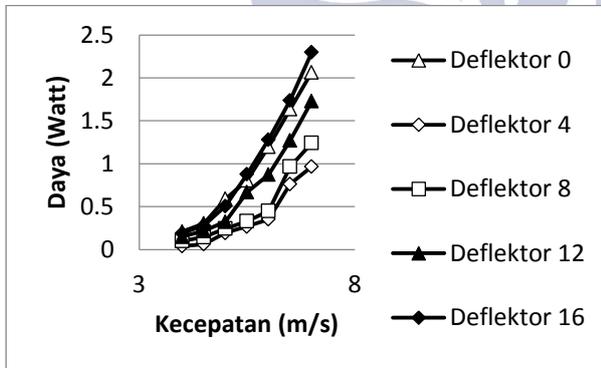


Gambar 8. Turbin Angin Swirling Savonius 16 Deflektor

Berdasarkan gambar diatas pada penambahan variasi deflektor 4, 8 dan 12 celah deflektor masih terlalu lebar yang mengakibatkan angin yang datang masih dapat menerpa bilah sisi cembung

turbin sehingga angin tidak terlalu fokus ke bilah sisi cekung. Untuk variasi deflektor 4 dan 8 data yang diperoleh kurang baik karena angin yang datang bukan diarahkan kesisi permukaan cekung melainkan diarahkan keluar oleh deflektor, hal ini disebabkan karena celah pada variasi 4 dan 8 masih sangat lebar sehingga angin banyak yang keluar. Sedangkan untuk deflektor 12 data mulai baik karena celah yang semakin kecil yang membuat angin tidak banyak yang keluar dari turbin. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah variasi deflektor yang digunakan maka daya yang dihasilkan semakin baik. Selain itu dengan penambahan deflektor ini juga turbin angin swirling Savonius jadi semakin tahan terhadap beban yang diberikan sehingga turbin angin Swirling Savonius semakin lama berhenti berputar. Selain berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan, penambahan deflektor bergerak ini juga berpengaruh terhadap CP yang dihasilkan. Hal ini dapat dijelaskan karena dengan adanya penambahan deflektor bergerak juga membuat bidang turbin yang dikenai oleh angin semakin besar dibandingkan dengan CP turbin angin tanpa penambahan deflektor.

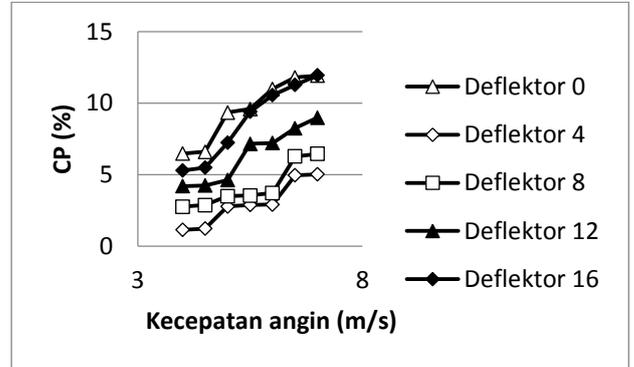
- Pengaruh kecepatan angin terhadap variasi deflektor



Gambar 9. Grafik daya turbin angin vs kecepatan angin

Berdasarkan gambar 9 diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin angin dengan penambahan variasi deflektor maupun tanpa variasi deflektor. Dimana data menunjukkan bahwa daya turbin angin yang dihasilkan dengan penambahan variasi 16 deflektor dengan kecepatan angin 7 m/s lebih baik dibandingkan kecepatan angin dan variasi penambahan deflektor lainnya. Ini dikarenakan semakin cepat angin yang berhembus dan semakin banyak angin yang diarahkan deflektor menuju sisi cekung

turbin maka semakin baik daya yang dihasilkan turbin. Selain itu penambahan variasi deflektor ini juga sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan karena semakin banyak deflektor yang digunakan akan semakin memfokuskan angin yang datang menuju kesisi cekung turbin serta dapat mengurangi gaya hambat pada sisi cembung turbin.



Gambar 10. Grafik CP turbin angin vs kecepatan angin

Dilihat dari gambar 10 diatas menunjukkan bahwa kecepatan angin terbaik *Coefficient Power* (CP) didapat pada kecepatan angin 7 m/s disbanding kecepatan angin lainnya. Semakin besar kecepatan angin, maka CP yang dihasilkan juga semakin meningkat. Akan tetapi disini penggunaan turbin angin tanpa deflektor sedikit lebih baik bila dibandingkan dengan turbin angin dengan penambahan variasi deflektor karena luas penampang turbin angin tanpa deflektor lebih kecil bila dibandingkan dengan luas penampang turbin angin dengan penambahan variasi deflektor. Hal ini dapat dilihat dari rumus perhitungan CP yang berasal dari daya turbin angin dibagi dengan daya angin, dimana luas penampang berpengaruh terhadap CP yang dihasilkan turbin angin.

- *Coefficient pressure* (Cp) pada permukaan bilah turbin angin Swirling Savonius pada setiap variasi penambahan deflektor

Tabel 1. Hasil penjumlahan Cp Turbin Angin Swirling Savonius

Variasi Deflektor	Tanpa	4	8	12	16
Total Advancing	11.81	11.76	20.30	35.48	45.98
Total Returning	-5.91	-9.94	-16.89	-29.63	-36.21
J. Total	5.90	1.82	3.41	5.85	9.78

Berdasarkan tabel 1. diatas menunjukkan bahwa jumlah total cp terbaik antara sisi *advancing blade* dengan *returning blade* didapatkan pada variasi deflektor 16 sebesar 9.78 dengan jumlah total *advancing blade* sebesar 45.98 dan total *returning blade* -36.21. Untuk variasi tanpa deflektor didapatkan total cp sebesar 5.90 dengan jumlah total *advancing blade* sebesar 11.81 dan total *returning blade* -5.91. Untuk variasi deflektor 4 didapat total cp sebesar 1.82 dengan jumlah total *advancing blade* sebesar 11.76 dan total *returning blade* -9.94. Untuk variasi deflektor 8 didapat total cp sebesar 3.41 dengan jumlah total *advancing blade* sebesar 20.30 dan total *returning blade* -16.89. Sedangkan untuk variasi deflektor 12 total cp didapat sebesar 5.85 dengan jumlah total *advancing blade* sebesar 11.76 dan total *returning blade* -9.94. Dari tabel diatas juga dapat disimpulkan bahwa total Cp variasi deflektor 16 mendukung hasil uraian sebelumnya yang menyebutkan bahwa variasi deflektor 16 lebih baik dibandingkan dengan variasi deflektor yang lainnya. Hal ini dikarenakan jarak antar deflektor semakin rapat dan semakin mengarahkan angin yang datang menuju ke sisi bagian cekung (*advancing*) turbin.

PENUTUP

Simpulan

Setelah dilakukan penelitian dan dilanjutkan dengan pengolahan data pada bab sebelumnya tentang pengaruh penambahan variasi deflector bergerak pada turbin angin Swirling Savonius, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Daya terbaik yang diperoleh dengan penambahan deflektor bergerak diperoleh pada penambahan deflektor bergerak sebanyak 16 buah dengan daya sebesar 2.2852 watt dengan beban sebesar 4200 gram. Tetapi nilai daya ini belum menunjukkan nilai optimal, yang berarti ada kemungkinan daya bisa lebih baik bila ditambahkan deflektor lebih banyak.
- *Coefficient Power* (CP) terbaik yang diperoleh dengan penambahan deflektor bergerak diperoleh pada penambahan deflektor bergerak sebanyak 16 buah dengan CP sebesar 11.9365 % dengan beban sebesar 4200 gram. Tetapi nilai *Coefficient Power* (CP) ini belum menunjukkan nilai optimal, yang berarti ada kemungkinan *Coefficient Power* (CP) bisa lebih baik bila ditambahkan deflektor lebih banyak.
- Untuk karakteristik jumlah total *Coefficient pressure* (Cp) terbaik antara sisi *advancing blade* dengan *returning blade* didapatkan pada

variasi deflektor 16 sebesar 9.78 dengan jumlah total *advancing blade* 45.98 dan total *returning blade* -36.21. Variasi tanpa deflektor didapatkan total cp sebesar 5.90 dengan jumlah total *advancing blade* 11.81 dan total *returning blade* -5.91. Variasi deflektor 4 didapat total cp sebesar 1.82 dengan jumlah total *advancing blade* 11.76

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai turbin angin Swirling Savonius ini dan juga penyempurnaan pada rangkaian pengujian turbin angin, diantaranya sebagai berikut:

- Menggunakan model turbin angin yang berbeda agar dapat diketahui model terbaik yang sesuai jika dipasangkan dengan penambahan variasi deflektor bergerak.
- Meningkatkan kualitas tali yang digunakan pada sistem pengereman poros saat proses pembebanan dilakukan agar dapat menahan beban yang lebih berat serta tidak gampang putus agar dapat menjaga keselamatan kerja dalam pengumpulan data selama pengujian.
- Menambakan tempat dudukan untuk alat ukur *tachometer* agar posisi alat ukur dapat selalu *standby* pada posisi yang sama setiap kali dilakukan pengukuran sehingga rata-rata data putaran RPM turbin angin yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2017. Sumber Energi Tak Terbarukan dan Energi Terbarukan, (Online), (<https://velajaran.net/sumber-energi-tak-terbarukan-dan-energi/>), diakses 12 Januari 2019).
- A. Al-Faruk, S.A. Sharifian and S. Al-Atresh. 2012. "Numerical Investigation of Performance of a New Type of Savonius Turbine". Makalah disajikan dalam *18th Australasian Fluid Mechanics Conference*, Launceston Australia, 3-7 December 2012.
- A. Al-Faruk and A. Sharifian. 2014. "Influence of Blade Overlap and Blade Angle on the Aerodynamic Coefficients in Vertical Axis Swirling type Savonius Wind Turbine". Makalah disajikan dalam *19th Australasian Fluid Mechanics Conference*, Melbourne Australia, 8-11 December 2014.
- A. Al-Faruk and A. S. Sharifian. 2015. "Effects of flow parameters on the performance of vertical axis swirling type Savonius wind turbine". *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)*. Vol 12: Hal. 2929-2943.

- Fitrandi, Robby Ilham. 2014. *Karakteristik Turbin Angin Savonius 2 dan 3 Blade Dengan Menggunakan Bantuan Guide Vane*. Surabaya: Teknik-Universitas Negeri Surabaya.
- Hau, Erich. 2013. *“Wind Turbine: Fundamental, Technologies, Application, Economics”*. Three Edition. Berlin: Springer.
- Herlamba S, Indra and Ansori, Aris. 2016. “Performance of Combined vertical Axis Wind Tubine blade between airfoil NACA 0018 with Curve Blade with and without Guide vane”. *International Journal of Scientific & Engineering Research (IJSER)*. Vol. 7: 863-867.
- Herlamba S, Indra. 2017. “Pengaruh Perubahan Sudut Lengkung Blade terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius Tipe S Dua Tingkat Pada Kondisi Angin Real”. *JTM*. Vol. 05 Nomer 02 Tahun 2017: Hal. 107 – 111.
- Intisolar. 2017. Dampak Pemakaian Energi, (Online). ([Fosil.http://intisolar.com/news/dampak-pemakaian-energi-fosil/](http://intisolar.com/news/dampak-pemakaian-energi-fosil/), diakses 12 Januari 2019).
- J.V. Akwa, H.A. Vielmo, A.P. Petry. 2012. “A Review on The Performance of Savonius Wind Turbines”. *Renewable and Sustainable Energy Riviews*. Vol. 16: pp 3054-3064.
- Katz, Joseph. 1995. *“Race Car Aerodynamics Designing for Speed”*. Bentley Publishers: a division of Robbert Bentley, Inc.
- M.A. Kamoji, S.B. Kedare, S.V. Prabhu. 2009. “Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor”. *Applied Energy* (2009). Vol. 86: hal 1064–1073.
- Nevers, Noel de. 1991. *“Fluid Mechanics for Chemical Engineers 2nd Edition”*. Utah: Mc Graw-Hill, Inc.
- N.H. Mahmoud, A.A. El-Haroun, E. Wahba, M.H. Nasef. 2012. “An experimental study on improvement of Savonius rotor performance”. *Alexandria Engineering Journal* (2012). Vol. 51: hal 19–25.
- Naufal. 2014. Klasifikasi Angin, (Online), (<https://skepticalinquirer.wordpress.com/2015/01/25/klasifikasi-angin/>, diakses 20 Januari 2019).
- Siregar, Indra Herlamba. 2013. “ Kinerja Turbin Angin sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dua Tingkat Dengan Bilah Profile Modified NACA 0018 Dengan danTanpa Wind Deflector”. *Jurnal Teknik Mesin OTOPRO*. Vol. 8: pp 126-138
- Sugiharto, Budi., Soeparman, Sudjito., Widhiyanuriyawan, Denny., Wahyudi, Slamet. 2015. “Simulasi Kincir Angin Savonius dengan Variasi Pengarah”.
- Tim. 2014. *“Pedoman Penulisan Skripsi”*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Tri Handoyo. 2012. *Pengaruh Overlap Sudu dan Penambahan Fin pada Rotor Savonius Tipe-L*. Jember: Universitas Jember.
- Y. Daryanto. 2007. *Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. BALAI PPTAGG – UPT-LAGG. Yogyakarta.

