

## DISTRIBUSI TEKANAN PADA TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG DEFLEKTOR *BOX*

**Rakhmad Burhanudin Amin**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [rakhmadamin@mhs.unesa.ac.id](mailto:rakhmadamin@mhs.unesa.ac.id)

**Indra Herlamba Siregar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [indrasiregar@unesa.ac.id](mailto:indrasiregar@unesa.ac.id)

### Abstrak

Penggunaan energi di Indonesia masih mengandalkan pada minyak bumi, padahal masih banyak sumberdaya energi yang belum terpakai. Selama ini eksplorasi sumber daya energi justru banyak difokuskan pada energi bersifat tak terbarukan sedangkan energi bersifat terbarukan relatif belum banyak dimanfaatkan. Salah satu sumber daya energi baru terbarukan yang potensial atau kemampuan untuk dikembangkan adalah angin, kecepatan angin di Indonesia berkisar antara  $3m/s$ - $6m/s$ . Turbin angin savonius suatu alat mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanis dalam bentuk gaya hambat maupun gaya angkat. Untuk meningkatkan koefisiensi turbin ini dapat menambahkan *box* serta divariasikan menggunakan panjang deflektor atau pengarah angin. Dengan adanya penambahan panjang deflektor ini dapat berpengaruh besar terhadap koefisiensi tekanan dan karakteristik tekanan turbin angin. Model dalam penelitian ini berupa turbin angin bermodel *Swirling Savonius* dengan keadaan dikunci atau diam dengan variasi bebas yaitu tanpa *box*, tanpa variasi, variasi panjang 5 cm, variasi panjang 15 cm dan variasi panjang 25 cm. Hasil penelitian memaparkan bahwa variasi panjang 25 cm menghasilkan koefisiensi tekanan ( $C_p$ ) terbaik 1,555266 dan karakteristik distribusi tekanan  $C_{DP}$  sebesar 8,18732,  $C_{LP}$  sebesar 14,41829 dan  $C_N$  sebesar 17,47907.

**Kata Kunci:** Energi terbarukan, turbin angin savonius, deflektor, tekanan.

### Abstract

*Energy use in Indonesia still relies on petroleum, even though there are still many unused energy resources. So far, the exploration of energy resources has mostly focused on non-renewable energy, while renewable energy has not been widely utilized. One of the new renewable energy resources that has the potential to be developed is wind, the wind speed in Indonesia ranges from  $3m/s$ - $6m/s$ . The savonius wind turbine is a device that converts wind energy into mechanical energy in the form of drag force or lift force. To increase the coefficient of this turbine, you can add a box and vary the length of the deflector or wind direction. With the addition of this deflector length can have a major effect on the pressure coefficient and pressure characteristics of the wind turbine. The model in this study is a *Swirling Savonius* wind turbine with a stationary state with free variations, namely without box, without variation, length variation 5 cm, length variation 15 cm and length variation 25 cm. The results showed that the 25 cm length variation resulted in the best coefficient pressure ( $C_p$ ) of 1.555266 and the pressure distribution characteristics of  $C_{DP}$  of 8.18732,  $C_{LP}$  of 14.41829 and  $C_N$  of 17.47907.*

**Keywords:** Deflector, Renewable Energy, Pressure, *Swirling Savonius* Wind Turbine.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya energi fosil dan energi baru terbarukan. Sumber daya energi fosil seperti minyak bumi dan batubara yang merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui masih sangat berperan penting bagi kehidupna masyarakat di Indonesia dan belum tergantikan dalam berbagai aspek kehidupan. Kebutuhan energi di Indonesia pasti akan meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk, laju pertumbuhan

ekonomi, dan pola konsumsi energi itu sendiri. Menurut Dewan Energi Nasional (2016) kebutuhan energi primer di Indonesia akan naik 6,4% per tahun hingga tahun 2025 jika dibanding dengan konsumsi energi pada tahun 2015 sebesar 128,8 Million Ton of Oil Equivalent (MTOE) menjadi 238,8 MTOE atau meningkat sekitar 1,8 kali lipatnya pada tahun 2025. Namun sebagian besar (82%) dari kebutuhan energi primer tersebut masih dipenuhi oleh energi fosil dan diproyeksikan energi fosil masih akan tetap dominan (75%) sampai dengan tahun 2035.

Hal tersebut berbanding terbalik dengan jumlah energi fosil yang sifatnya terbatas dan menipis jumlahnya. Eksplorasi sumberdaya energi justru lebih banyak difokuskan pada energi fosil yang bersifat *unrenewable* (tak terbarukan) sedangkan energi yang bersifat *renewable* (terbarukan) relatif belum dimanfaatkan.

Menurut Fitranda (2014) Indonesia memiliki kecepatan angin yang cukup kencang, berkisar antara 3–6 m/s. Kecepatan yang lebih tinggi diperoleh pada daerah Nusa Tenggara yang berkisar antara 3,5–6,5 m/s. Sedangkan pulau-pulau seperti Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua hanya memiliki kecepatan angin berkisar 2,7–4,5 m/s. Sedangkan turbin pada umumnya merujuk dari Eropa dan Amerika yang merupakan benua penghasil angin terbesar dengan kecepatan sekitar 9–12 m/s. Turbin angin savonius mengorversikan energi angin menjadi energi mekanis dalam bentuk gaya dorong (*drag force*) dan gaya hambat (*lift force*). Kelebihan turbin angin savonius merupakan suatu alat tidak membutuhkan aliran angin tinggi untuk memutar turbin, namun masih mempunyai kelemahan yaitu efisiensi turbin savonius masih tergolong rendah dibanding dengan turbin lainnya. Peneliti ini berusaha untuk menaikkan efisiensi turbin dengan berbagai upaya yang sudah dilakukan.

Penelitian tentang Turbin angin Savonius Halil (2018) “Penguji Kinerja Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal Overlap Dengan Deflektor Lengkung Ganda” menyatakan untuk efisiensi maksimum tertinggi adalah pada sudut deflektor  $\alpha = 135^\circ$   $\beta = 45^\circ$  pada kecepatan angin 4 m/s  $\eta_{\max} = 8,027\%$ , serta kecepatan angin 6 m/s  $\eta_{\max} = 6,763\%$ . efisiensi terbaik pada kecepatan pelat deflektor lengkung ganda di bagian hulu depan turbin serta sisi samping dapat meningkatkan kecepatan aliran angin, mengurangi gaya *drag* sudu turbin Savonius pada posisi balik sehingga dapat meningkatkan koefisien daya  $C_p$  serta koefisien torsi  $CT$ .

Penelitian tentang tekanan pada turbin angin savonius Tawakal & Siregar (2020) dengan judul penelitian “Uji Eksperimen Kinerja Model Turbin Angin Jenis *Swirling* Savonius Deflektor Diam Dengan Penambahan Free Drag Reducing Di Terowongan Angin” Karakteristik distribusi tekanan pada bilah turbin angin menunjukkan semakin tinggi daya dan efisiensi yang dihasilkan maka *Coefisien Drag Pressure* (CDP) semakin rendah *Coefisien Lift Pressure* (CLP) semakin tinggi sehingga gaya drag yang rendah dan gaya lift yang tinggi mengakibatkan angin bisa berputar secara maksimal.

## METODE

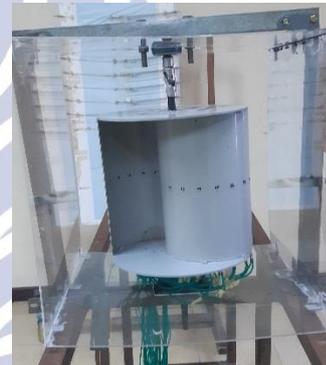
### Variabel Penelitian

#### ➤ Variabel Bebas

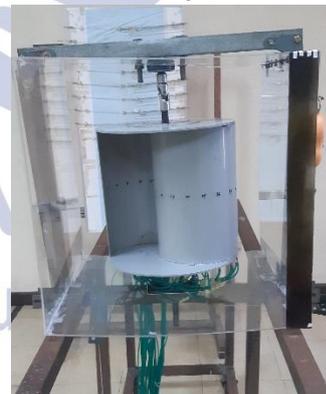
Variabel bebas adalah yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor yang diobservasi dalam pengujian. Variabel ini yaitu: dengan variasi panjang deflektor yaitu: tanpa box, tanpa deflektor, deflektor 5 cm, deflektor 15 cm, dan deflektor 25 cm.



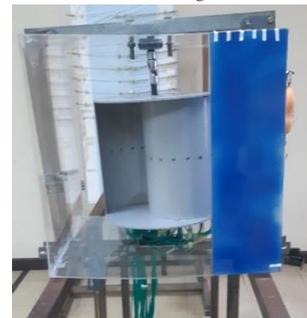
Gambar 1. Model *Swirling* savonius tanpa box



Gambar 2. Model *Swirling* savonius tanpa variasi



Gambar 3. Model *Swirling* savonius variasi 1



Gambar 4. Model *Swirling* savonius variasi 2



Gambar 5. Model *Swirling* savonius variasi 3



Gambar 6. Anemometer

➤ Terowongan Pengujian



Gambar 7. Terowongan Pengujian

➤ Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor yang akan diobservasi serta diukur untuk menentukan adanya pengaruh dari variabel bebas. Variabel ini yaitu: koefisien tekanan dan karakteristik tekanan pada turbin.

➤ Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan sehingga untuk pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak termasuk dalam penelitian. Variabel ini yaitu:

- Model Turbin Angin savonius tipe-*Swirling* (2 blade).
- Dimensi *Box* 500 mm x 500 mm x 500 mm.
- Dimensi Turbin 300 mm x 300 mm.
- Kecepatan angin yang digunakan 6 m/s, untuk mendapatkan kecepatan menggunakan alat ukur anemometer.
- Untuk alat ukur yang digunakan mengambil data tekanan yaitu menggunakan Manometer.

➤ Inverter



Gambar 8. Inverter

➤ Beban Anak Timbang



Gambar 9. Beban Anak Timbang

**Instrumen dan Alat Penelitian**

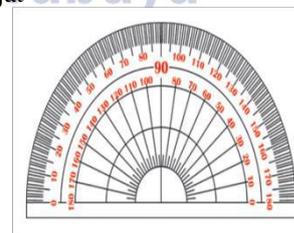
Instrumen dan Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

➤ Kipas



Gambar 6. Kipas

➤ Busur Derajat



Gambar 10. Busur Derajat 180

➤ Anemometer

- Kaca Pembesar atau Lup



Gambar 11. Lup

- Manometer



Gambar 12. Manometer

- Model Turbin Angin
- Poros Berbahan Plastik Padat

### Prosedur Penelitian



Gambar 13. Pengambilan Data Tekanan

- Tahap Persiapan Penelitian Pengambilan Data
  - Menyiapkan alat serta Instrumen penelitian.
  - Merangkai obyek penelitian yaitu model turbin angin *Swirling savonius* dengan penambahan *box*.
  - Melakukan pengujian pada alat serta instrumen untuk mengetahui apabila terjadi kesalahan selama pengambilan data.
- Tahap Pelaksanaan Pengambilan Data  $C_p$  (*Coefficient Pressure*)
  - Meletakkan posisi turbin pada posisi  $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $140^\circ$ ,  $160^\circ$  dan  $180^\circ$  sesuai yang akan kita teliti.
  - Kemudian menentukan variasi panjang deflektor yaitu: tanpa *box*, tanpa deflektor, deflektor 5 cm,

deflektor 15 cm dan deflektor 25 cm, dengan sudut  $45^\circ$  sesuai yang akan kita teliti.

- Pada pengukuran tekanan ini turbin angin dalam posisi diam. Kunci turbin angin dengan beban anak timbangan yang disiapkan.
- Masukkan selang *pressure tap* pada turbin angin keselang yang tersedia pada manometer. Biarkan bebas selang manometer yang lainnya.
- Menghidupkan kipas pada inverter, menaikkan kecepatan putaran kipas angin secara bertahap hingga mencapai kecepatan yang dituju sebesar 6 m/s.
- Setelah itu pengamatan dilakukan di setiap titik *pressure tap* yang disalurkan dengan selang ke alat ukur Manometer.
- Lihat hasil pengukuran beda ketinggian manometer dengan teliti atau bisa dengan menggunakan bantuan kaca pembesar.
- Pengamatan di lakukan sebanyak 36 titik setiap variasi panjang deflektor, dan setiap posisi sudut derajat posisi turbin angin.
- Setelah itu setiap *pressure tap* dilakukan pengamatan setiap 60 detik di setiap titik *pressure tap*.
- Melakukan pencatatan data yang meliputi, tekanan *freestream* (tanpa benda), tekanan *pressure tap* (ketinggian alat ukur) setelah selang di salurkan ke alat ukur dan setelah 60 detik disetiap titik *pressure*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

- Koefisien Tekanan atau Coefficient Pressure ( $C_p$ )

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

Dimana :

$C_p$  = Coefficient Pressure

$P$  = Tekanan statis pada bilah turbin ( $\frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}$ )

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

$V_\infty$  = Kecepatan angin (m/s)

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

sedangkan untuk mendapatkan  $P$  menggunakan rumus:

$$P = \rho g h$$

Dimana:

P = Tekanan (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = Massa jenis minyak ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

h = Ketinggian permukaan (m)

$$\begin{aligned} h &= 2 (H_2 - H_1) \sin(\alpha) \\ &= 2 (11,6 - 9) \sin(5) \\ &= \frac{2 (2,6) \sin(5)}{100} \\ &= 0,004532 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \rho g h \\ &= (0,85456 \times 1000) 9,8 \times 0,003312 \\ &= 37,89364 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{P - P_\infty}{\left(\frac{1}{2}\right) \rho V^2_\infty} \\ &= \frac{27,76458 - 4,39991}{\left(\frac{1}{2}\right) 1,123 \cdot 6^2} \\ &= \frac{27,76458 - 4,39991}{\left(\frac{1}{2}\right) 1,123 \cdot 36} \\ &= 1,555266 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan *Coefficient Drag Pressure* ( $C_{DP}$ )

Sebagai Contoh Perhitungan maka diambil salah satu nilai *Coefficient Drag Pressure* ( $C_{DP}$ ) Pada model Turbin angin Tipe-*Swirling* savonius dengan metode aturan Simpon 1/3 segmen berganda sebagai berikut:

$$C_{DP} = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} C_p(\theta) \cos(\theta) d\theta$$

$$\text{Bila } I = \int_0^{2\pi} C_p(\theta) \cos(\theta) d\theta$$

$$\text{Maka } C_{DP} = \frac{1}{2} I$$

Dimana :

$C_{DP}$  = Koefisien *pressure drag*

0 = Batas bawah

$2\pi$  = Batas atas

$C_p$  = Koefisien tekanan

$\theta$  = Sudut tab kontur model uji

$$I \cong (b - a) \frac{f(x_0) + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{j=2,4,6}^{n-2} f(x_j) + f(x_n)}{3n}$$

Dimana:

$$a = 0; b = 2\pi;$$

$$f(x_0) = C_p(0) \cdot \cos 0 \text{ dan } f(x_n) = C_p(2\pi) \cdot \cos 2\pi \text{ untuk } C_D$$

$$f(x_0) = C_p(0) \cdot \sin 0 \text{ dan } f(x_n) = C_p(2\pi) \cdot \sin 2\pi \text{ untuk } C_L$$

n = jumlah data

$f(x_i)$  = perkalian dari fungsi data ganjil dimana;

$$i = 1, 3, 5, \dots, n-1$$

$f(x_j)$  = perkalian dari fungsi data genap dimana;

$$j = 2, 4, 6, \dots, n-2$$

Jadi :

$$I \cong (b - a) \frac{f(x_0) + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{j=2,4,6}^{n-2} f(x_j) + f(x_n)}{3n}$$

Dimana: b = Batas atas ( $2\pi$ ). Dan a = Batas bawah (0)

n = jumlah data (36)

$$f(x_0) = 0$$

$$4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) = 91,63$$

$$2 \sum_{j=2,4,6}^{n-2} f(x_j) = 91,63$$

$$f(x_n) = 143,8584$$

$$I \cong (2\pi - 0) \frac{0 + 91,63 + 91,63 + 143,8584}{3 * 36}$$

$$C_{DP} = 1,5435$$

➤ Perhitungan *Coeffisien lift Pressure* ( $C_{LP}$ )

Untuk menghitung  $C_{LP}$  dapat menggunakan rumus berikut:

$$C_{LP} = -\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} C_p(\theta) \sin(\theta) d\theta.$$

$$\text{Bila } I = \int_0^{2\pi} C_p(\theta) \cos(\theta) d\theta$$

$$\text{Maka } C_{LP} = -\frac{1}{2} I$$

Dimana :

$C_{LP}$  = Koefisien *pressure lift*

0 = Batas bawah

$2\pi$  = Batas atas

$C_p$  = Koefisien tekanan

$\theta$  = Sudut tab kontur model uji

Jadi :

$$I \cong (b-a) \frac{f(x_0) + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{j=2,4,6}^{n-2} f(x_j) + f(x_n)}{3n}$$

Dimana:

b = Batas atas ( $2\pi$ ). Dan a = Batas bawah (0)

n = jumlah data (36)

$$f(x_0) = 0$$

$$4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) = 96,63$$

$$2 \sum_{j=2,4,6}^{n-2} f(x_j) = 96,63$$

$$f(x_n) = -0,45823$$

$$I \cong (2\pi - 0) \frac{0 + 96,63 + 96,63 + (-0,45823)}{3 * 36}$$

➤  $C_{LP} = -0,8574$

➤ Perhitungan Arah Resultan Gaya Normal ( $C_N$ )

Untuk menghitung resultan gaya normal menggunakan rumus :

$$C_N^2 = C_{DP}^2 + C_{LP}^2$$

Dimana :

$$C_{DP}^2 = 1,5435^2 = 2,38239$$

$$C_{LP}^2 = -0,8574^2 = 0,73513$$

Jadi :

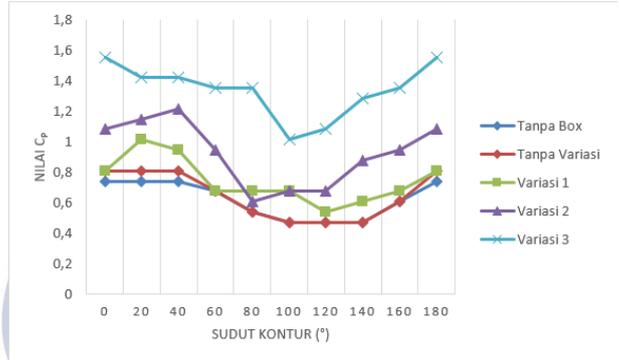
$$C_N^2 = 2,38239 + 0,73513$$

$$C_N = 1,7745$$

➤ Koefisiensi Tekanan yang dihasilkan pada permukaan bilah (*blade*) turbin angin *Swirling* Savonius satu tingkat.

Tabel 4.1 Koefisien Tekanan ( $C_p$ )

Koefisiensi Tekanan ( $C_p$ )					
Sudut Kontur ( $^\circ$ )	Variasi Deflektor				
	Tanpa Box	Tanpa Variasi	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
0	0,743436	0,811088	0,811088	1,081698	1,555266
20	0,743436	0,811088	1,014046	1,149351	1,419961
40	0,743436	0,811088	0,946393	1,217003	1,419961
60	0,675783	0,675783	0,675783	0,946393	1,352308
80	0,540478	0,540478	0,675783	0,608131	1,352308
100	0,472826	0,472826	0,675783	0,675783	1,014046
120	0,472826	0,472826	0,540478	0,675783	1,081698
140	0,472826	0,472826	0,608131	0,878741	1,284656
160	0,608131	0,608131	0,675783	0,946393	1,352308
180	0,743436	0,811088	0,811088	1,081698	1,555266

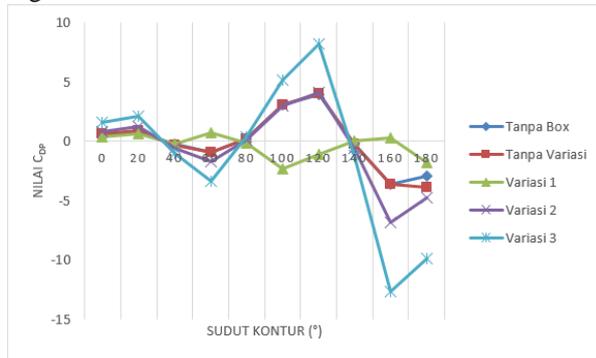


Gambar 14. Grafik Koefisiensi Tekanan

Pengaplikasian penambahan *box* deflektor sangat berpengaruh terhadap koefisiensi tekanan yang dihasilkan oleh turbin angin. Hal ini dapat kita lihat pada Grafik 4.1 dimana data menunjukkan bahwa koefisiensi tekanan yang dihasilkan pada kecepatan angin 6 m/s, selain itu variasi panjang deflektor juga sangat berpengaruh pada nilai koefisiensi tekanan yang dihasilkan oleh turbin angin, karena angin yang mendorong kemudian terjadi percepatan turbin lebih terkonsentrasi tertuju ke sisi bilah turbin. Hal tersebut bisa terjadi karena adanya panjang deflektor yang mengarahkan angin ke dalam *box* serta berperan menambah gaya hambat (*drag*) dan gaya angkat (*lift*).

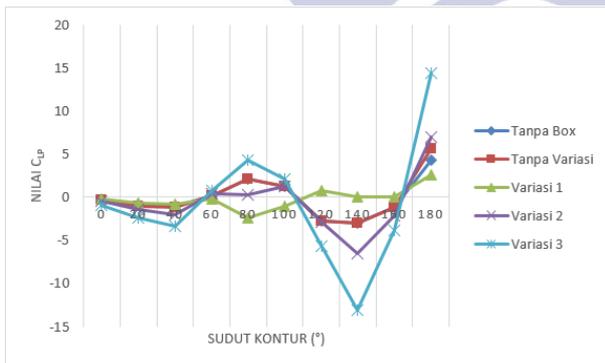
Dari Hasil Tabel dan grafik diatas Dapat disimpulkan bahwa koefisiensi tekanan yang di hasilkan yang paling tinggi adalah pada variasi deflektor 3 yaitu sebesar 1,555266 pada kecepatan 6 m/s. Jadi, semakin panjang deflektor yang digunakan maka semakin besar nilai koefisiensi tekanan. Hal ini diwakilkan dengan adanya tanpa *box* yang dijadikan sebagai parameter dibandingkan dengan variasi panjang deflektor sebagai variabel bebas merupakan keberhasilan dalam penelitian ini.

- Karakteristik distribusi tekanan pada permukaan bilah (blade) turbin angin Swirling Savonius satu tingkat.



Gambar 15. Karakteristik Distribusi tekanan  $C_{DP}$  (Coefficient Drag Pressure).

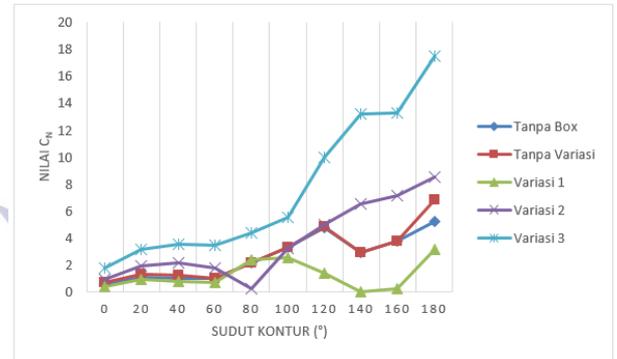
Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai  $C_{DP}$  (Coefficient Drag Pressure) dari masing-masing variasi sangatlah berbeda-beda namun pada variasi 3 atau deflektor sepanjang 25 cm ini memiliki nilai paling tinggi dan paling rendah yaitu sebesar 8,18732 dan -12,6573. Dengan penambahan panjang deflektor 25 cm yang arah angin langsung terfokuskan ke dalam *box* sehingga angin banyak terkumpul menghantam kearah permukaan turbin di titik tertentu. Selain itu, mengarahkan angin agar bisa langsung menabrak bilah sisi cekung dan ini diterapkan pada turbin angin sumbu vertikal yang memiliki gaya hambat (*drag*) yang tinggi sehingga menghasilkan nilai *Coefficient Drag Pressure* yang optimal.



Gambar 16. Karakteristik Distribusi tekanan  $C_{LP}$  (Coefficient Lift Pressure).

Dari penjelasan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai  $C_{LP}$  (Coefficient Lift Pressure) dari masing-masing variasi sangatlah berbeda-beda namun pada variasi 3 atau deflektor sepanjang 25 cm ini memiliki nilai paling tinggi dan paling rendah yaitu sebesar 14,41829 dan -13,1098. Dengan penambahan panjang deflektor 25 cm yang arah angin langsung terfokuskan ke dalam *box* sehingga angin

banyak terkumpul menghantam kearah permukaan turbin di titik tertentu. Selain itu, mengarahkan angin agar bisa langsung menabrak bilah sisi cekung dan ini diterapkan pada turbin angin sumbu vertikal yang memiliki gaya angkat (*lift*) yang tinggi sehingga menghasilkan nilai *Coefficient Lift Pressure* yang optimal.



Gambar 17. Karakteristik Distribusi tekanan  $C_N$  (Coefficient Normal).

Dari penjelasan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai  $C_N$  (Coefficient Normal) dari masing-masing variasi sangatlah berbeda-beda namun pada variasi 3 atau deflektor sepanjang 25 cm ini memiliki nilai paling tinggi dan paling rendah yaitu sebesar 17,47907 dan 1,77446. Berdasarkan nilai  $C_{DP}$  dan  $C_{LP}$  yang paling tinggi adalah variasi 3 maka nilai  $C_N$  yang paling tinggi juga dihasilkan variasi 3 karena merupakan hasil penjumlahan akar kuadrat dari  $C_{DP}$  dan  $C_{LP}$  yang memiliki nilai koefisien yang paling tinggi.

Tabel 4.2  $C_{LP}$  (Coefficient Lift Pressure),  $C_{DP}$  (Coefficient Drag Pressure) dan  $C_N$  (Coefficient Normal).

Arah Resultan Gaya			
Variasi Box	$C_{DP}$	$C_{LP}$	$C_N$
0	-2,97386	4,348817	5,268403
1	-1,80319	2,642126	3,1988
2	-4,81768	7,036854	8,528031
3	-9,88084	14,41829	17,47908

Dari beberapa variasi jumlah sudu deflektor yang paling tinggi gaya gaya normal adalah pada variasi 3 yaitu mencapai 17,47908. Bisa disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan deflektor diam menghasilkan karakteristik distribusi tekanan yaitu semakin tinggi ( $C_N$ ) yang dihasilkan ( $C_{DP}$ ) semakin kecil dan juga yang dihasilkan ( $C_{LP}$ ) yang semakin besar.

## PENUTUP

### Kesimpulan

- Pada penambahan box dengan deflektor panjang ukuran tutup box menghasilkan koefisiensi tekanan pada variasi deflektor 3 (25 cm) yaitu memperoleh nilai tertinggi dari variasi yang lain sebesar 1,555266.
- Karakteristik distribusi tekanan pada bilah turbin angin menunjukkan semakin tinggi arah resultan gaya ( $C_N$ ) yang dihasilkan *Coefficient Drag Pressure* ( $C_{DP}$ ) semakin kecil dan juga yang dihasilkan *Coefficient Lift Pressure* ( $C_{LP}$ ) yang semakin besar.

### Saran

- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan :
  - Menggunakan variasi panjang ukuran tutup box yaitu: 5 cm, 15 cm dan 25 cm dari ukuran box yang menghampiri terbaik.
  - Menggunakan model Turbin yang berbeda untuk mengetahui model terbaik yang sesuai dipasangkan dengan variasi panjang ukuran tutup box.
  - Mengembangkan turbin angin dengan variasi panjang ukuran tutup box agar dapat diuji pada model turbin angin skala yang lebih besar ditempat terbuka dengan angin alami.
- Pada rangkaian pengujian :
  - Diharap mampu menjaga dengan baik keselamatan kerja untuk pengumpulan data selama proses pengujian.
  - Penambahan dudukan untuk alat ukur yaitu anemometer agar posisi alat ukur tersebut dapat selalu *standby* pada posisi yang sama setiap kali dilakukan pengukuran sehingga rata-rata data kecepatan angin yang diperoleh lebih akurat.
  - Mengganti poros turbin angin yang saat ini yaitu berbahan plastik diganti dengan bahan yang lebih solid.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ajao, K. R., & Mahmood, M. R. (2009). Wind energy conversion system: the past, the present and the prospect. *Journal of American Science*, 5(6), 17–22.
- Arifin Sanusi. (2017.) "Performance Analysis of a Combined Blade Savonius Wind Turbines".
- Canra, D., Haris, E., & Rahmi, M. (2018). Analisa Aliran Angin Pada Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U Berbasis Software. *Jurnal Teknologi Terapan*, 4, 92–101.
- De Nevers, N., & Silcox, G. D. (1991). *Fluid mechanics for chemical engineers*. McGraw-Hill New York.
- Dewan Energi Nasional. 2016. *Indonesian Energy Outlook (IEO)*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Fitrandi, R. I. (2014). Karakteristik turbin angin savonius 2 dan 3 blade dengan menggunakan bantuan guide vane. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(02).
- Hau, E. 2013. *Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics*. Springer Science & Business Media.
- Katz, J. (1995). *Race car aerodynamics: designing for speed*. R. Bentley.
- Mohamed, M. H. A. 2011. *Design optimization of Savonius and Wells turbines*.
- Rathod, P., Khatik, K., Shah, K., Desai, H., & Shah, J. 2016. A review on combined vertical axis wind turbine. *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol*, 5(4), 5748–5754.
- REN21. (2016). *Renewable energy policy network for the 21st Century. Renewables 2016 Global Status Report*.
- Siregar, Indra. H, Nur Kholis, Aris A. (2012). *Komparasi Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dua Tingkat dengan Bilah Profile Modified Naca 0018 dengan dan Tanpa Wind Deflector*". Surabaya: Teknik-Universitas Negeri Surabaya. Sugiharto, B., Soeparman, S., Widhiyanuriyawan, D., & Wahyudi, S. 2015. *Simulasi Kincir Angin Savonius dengan Variasi Pengarah. ReTII*.
- Siregar, I. H., Effendy, M., & Rasyid, A. H. A. (2020). The Effect of the Number of Vanes in the Omnidirectional Guide Vane on Aerodynamics Characteristic of Stationary Swirling Savonius Rotor. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 29, 12931-12938.
- Sugiharto, B., Soeparman, S., Widhiyanuriyawan, D., & Wahyudi, S. (2015). *Simulasi Kincir Angin Savonius dengan Variasi Pengarah. ReTII*.
- Tawakal, I., & Siregar, I. H. (2020). Uji Eksperimen Kinerja Model Turbin Angin Jenis Swirling Savonius Deflektor Diam Dengan Penambahan Free Drag Reducing Di Terowongan Angin. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1).
- Zulianto, M., & Siregar, I. H. (2019). Uji Eksperimen Model Turbin Angin Swirling Savonius Dengan Deflektor Diam Menggunakan Terowongan Angin. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(3).