

KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN *SAVONIUS* 2 DAN 3 *BLADE* DENGAN MENGGUNAKAN BANTUAN *GUIDE VANE*

Robby Ilham Fitrandia

S1 Pendidikan Teknik Mesin Produksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: robbiyilham08@gmail.com

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: indra_adsite2006@yahoo.com

Di negara Indonesia ini sumber energi yang semakin menipis ketersediannya adalah energi bahan bakar fosil, sedangkan energi alternatif di negara ini masih kurang dimanfaatkan dengan optimal. Dengan kecepatan angin di negara Indonesia rata-rata berkisar antara 3-6 m/s peneliti bermaksud untuk mengembangkan energi angin tersebut dengan pembuatan turbin angin *savonius* 2 dan 3 *blade* tipe-S yang tujuannya untuk mengoptimalkan kecepatan angin tersebut dengan cara menggunakan bantuan *guide vane* dengan beberapa variasi sudut pengarah dan jumlah sirip *guide vane*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah dan sudut *guide vane* terhadap daya dan efisiensi optimal yang di hasilkan.

Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Dengan langkah awal membuat turbin angin *savonius* skala model dengan spesifikasi *blade* 2 buah dan 3 buah, tinggi 300 mm, panjang 300 mm, dan diameter 17,5 mm, kecepatan angin rata-rata 3,5 dan 4,2 m/s, dengan variasi beban 600 gr, 700 gr, 800 gr, dengan variasi sudut 0°, 15°, 30°, 45° dan cara pengambilan datanya dengan caramelakukan pengukuran tinggi pengangkatan tali terhadap variasi beban tersebut dengan tinggi 10 cm dari titik 10 cm dari permukaan tanah yang rata.

Dari penelitian ini menunjukkan, bahwa turbin angin *savonius* 2 *blade* menghasilkan daya maksimal sebesar $9,94 \times 10^{-1}$ watt pada pengangkatan beban 800 gram dengan menggunakan sudut *guide vane* 15° pada kecepatan angin 4,2 m/s. Sedangkan koefisien maksimal yang dihasilkan turbin angin dengan menggunakan sudut 15° mencapai 30 % lebih meningkat dari pada penggunaan *guide vane* dengan jumlah 3 *blade* sudut 15°. Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *guide vane* variasi sudut 15° sangat berpengaruh terhadap daya dan koefisien daya yang dihasilkan sehingga *blade* dapat berputar lebih optimum.

Kata kunci : *Savonius*, *Blade*, *Guide Vane*

ABSTRACT

In the state of Indonesia 's dwindling energy resources is the availability of fossil fuel energy, while alternative energy in the country is still under-utilized to the optimum. With wind speeds in the Indonesian state average ranges between 3-6 m/s researchers intend to develop the wind energy to manufacture wind turbine blade *savonius* 2 and 3 type - S that aim to optimize the wind speed by using the help of the guide vane some variation of the steering angle and the number of fins guide vane. The wind turbine is a tool developed to help find an alternative as well as the power producer. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the number and power of the guide vane angle and optimum efficiency at yield.

In this study using a kind of experimental research. With the first step to make *savonius* scale wind turbine blade models with specifications 2 and 3 pieces of fruit, height 300 mm, length 300 mm, and a diameter of 17.5 mm, an average wind speed of 3.5 m/s and 4.2 m/s, with variations in load 600 gr, 700 gr, 800 gr, with a variation of the angle of 0°, 15°, 30°, 45° and way of making its data by performing height measurements appointment strap against load variation with height of 10 cm from 10 cm point of the soil surface is flat.

From this study shows, that the wind turbine blade *savonius* 2 produces a maximum power of 9.94×10^{-1} watts at 800 gr with the removal of the load using the guide vane angle 15° in wind speed 4.2 m/s. Maximum results obtained 6.71×10^{-1} use the 3 blade with an angle of 15 at a speed of 4.2 m/s with a speed of 800 gr. While the maximum coefficient is generated by using an angle of 15% to 30% more increased than the use of guide vane with a number 3 blade angle of 15°. From the research conducted that the use of guide vane influence on power and power coefficient is generated so that a more optimum blade rotates.

Keywords: *Savonius*, *Blade*, *Guide Vane*.

PENDAHULUAN

Kehidupan alam memberikan banyak sekali kekayaan energi yang bisa kita manfaatkan dalam kehidupan kita sehari-hari, yang bisa memunculkan manfaat –manfaat yang berguna, dari energi yang sangat luar biasa yang dapat kita gunakan bagi kebutuhan manusia, dengan potensi sumber daya alam yang kita miliki di negara Indonesia ini. Dalam pembetukan sumber daya alam dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan sumber daya alam yang tdk bisa diperbaharui, oleh karena itu para peneliti sering sekali memunculkan beberapa pemanfaatan energi yang ada dalam sumber daya alam yang dapat diperbaharui salah satunya dengan memanfaatkan energi angin yang cukup berpotensi juga di wilayah-wilayah tertentu di kepulauan Indonesia .

Semakin banyaknya sumber daya alam yang tidak bisa diperbaharui yang saat ini mulai berkurang dan semakin habis, penulis tergerak untuk memberikan sedikit gagasan mengenai pemanfaatan kehidupan alam ini dengan memanfaatkan energi angin dengan pembuatan rekayasa turbin angin *savonius* dengan 2 dan 3 *blade* dengan desain konstruksi sederhana dan lebih ekonomis, karena penulis juga melihat hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa diwilayah Indonesia juga berpotensi dalam menghasilkan angin walaupun potensi di beberapa wilayah tidak cukup besar dan kurang di manfaatkan secara optimal.

Di Indonesia memiliki kecepatan angin yang cukup, dan kecepatan angin di Indonesia dengan rata-rata berkisar antara 3 – 6 m/s. Kecepatan yang lebih tinggi dapat diperoleh di 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 sekitar 2,7 – 4,5 m/s. Sedangkan turbin pada umumnya merujuk pada desain dari Eropa dan Amerika yang merupakan benua penghasil angin terbesar dengan kecepatan sekitar 9 – 12 m/s. (Alpen Steel: Renewable Energy, 2011). Dari kondisi kecepatan angin tersebut bahwa antara kondisi kecepatan angin ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energy angin sangat mungkin untuk dikembangkan.

Moch. Arif Afifuddin (2010) mengenai studi ekperimental performansi *vertical axis turbine* (VAWT) dengan variasi desain turbin analisa. Didapatkan hasil penelitian bahwa perbedaan panjang rotor dan kecepatan angin yang mengenai turbin berpengaruh dengan putaran turbin dan torsi yang di terima oleh turbin. Dalam penelitian ini menggunakan *blade savonius*.

Burcin Deda Altan, Mehmet Atulgan, Aydogan Ozdamar tentang *An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining* (Studi eksperimental tentang

peningkatan kinerja rotor *savonius* dengan *curtaining* / dengan mempergunakan *deflector*), pada penelitian ini dengan model blade “S” dengan mempergunakan penutup atas menyatakan bahwa penggunaan *deflector* tujuannya adalah untuk mencegah torsi agar tidak berlawanan arah dan agar angin yang datang akan lebih terpusat dan langsung mengenai *blade* searah dengan putarannya. Dan dalam penelitian ini penggunaan *deflector* dapat meningkatkan efisiensi turbin angin menjadi sekitar 38,5% dengan hasil terbaik dengan mempergunakan sudut 30° dengan variasi model sudut (30°-60°).

Menurut Sukamto (2012) yang meneliti tentang Karakteristik Turbin Angin *Vertical Axis* Profil NACA 0018 dengan 3 *Blade* Berbantuan *Guide Vane*, penelitian tersebut menyatakan bahwasanya daya dan efisiensi lebih meningkat dari pada penelitian sebelumnya yang meneliti tanpa menggunakan *guide vane*, oleh karena itu penelitian ini mengembangkan penelitian sebelumnya dan menerapkan pada rancangan turbin angin *savonius* 2 dan 3 *blade* dengan menggunakan variabel yaitu berbantuan *guide vane* untuk mengetahui karakteristik, daya dan efisiensinya yang diharapkan menghasilkan hasil akan lebih meningkat atau lebih optimal.

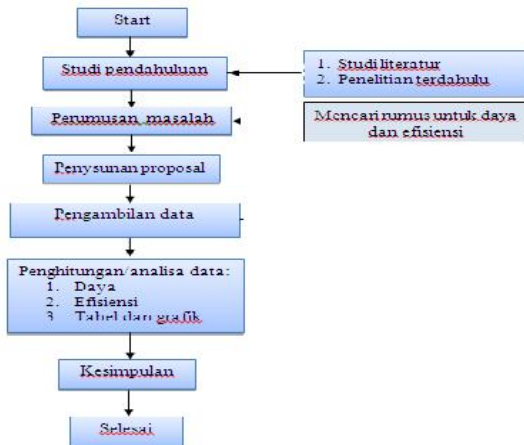
Tujuan dari penelitian perancangan turbin angin *savonius* dengan bantuan *guide vane* adalah:

Untuk mengetahui pengaruh variasi dihasilkan turbin angin dengan menggunakan sudu pengarah dengan desain *savonius*, untuk mengetahui pengaruh jumlah 2 dan 3 *blade* pada turbin *savonius* terhadap daya dan koefisien yang dihasilkan turbin angin dengan menggunakan *guide vane*.

Manfaat penelitian ini adalah memberikan wawasan yang luas sehingga kedepannya akan tercipta pola pemikiran baru yang luas dan berkembang wawasan pengetahuan mengenai turbin angin *savonius* dengan inovasi- inovasi baru yang lebih variasi,serta peneliti mengharapkan setelah penetian ini tercipta akan ada banyak memunculkan ide-ide kreatif baru yang di kembangkan atau mungkin lebih disempurnakan oleh para pembaca di bidang pengetahuan kuliah teknologi mekanik, mekanika fluida, dan mesin konversi energi pada pengetahuan tentang turbin khususnya.

METODE

Rancangan Penelitian



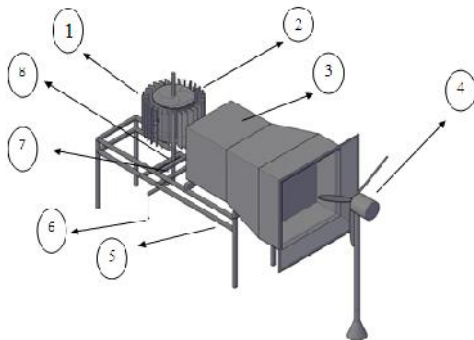
Gambar 1. Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian

- **Variabel Bebas**
Variabel bebas dapat disebut penyebab atau independent variable. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan Guide Vane, kecepatan angin, sudut pitch dan Beban.
- **Variabel Terikat**
Variabel terikat dapat disebut hasil, akibat atau dependent variable. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin angin vertikal axis profil NACCA 0018 dengan jumlah empat Blade ini.
- **Variabel Kontrol**
Variabel kontrol dalam hal ini adalah sesuatu yang dikontrol agar penelitian tetap fokus pada masalah yang diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jumlah Blade 4 buah NACCA 0018.

Peralatan dan Instrumen Penelitian

Peralatan dan instrumen merupakan peralatan uji yang digunakan untuk memperoleh data penelitian. Peralatan dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 2. Rangkaian Instrumen Penelitian

Keterangan :

1. Turbin angin
2. Guide Vane (Sudu pengarah)
3. Lorong Angin
4. Kipas Angin
5. Rangka
6. Beban
7. Poros
8. Roda Gigi

Prosedur Penelitian

• **Tahap Persiapan**

- Menyusun blade pada rangka turbin dengan tepat sesuai dengan perencanaan, agar blade bisa berputar dengan lancar.
- Memasang guide vane dengan sudut pengarah 0°, 15°, 30°, 45° di bagian luar blade.
- Menyiapkan kipas angin (watt), dan alat ukur anemometer.
- Membuat variasi kecepatan angin, 3,5 m/s, dan 4,2 m/s.
- Membuat variasi beban 600 gr, 700 gr, dan 800 gram.

• **Tahap Percobaan**

- Menyalakan tombol on pada kipas angin
- Mengukur kecepatan angin setelah angin di arahkan melalui lorong angin yang menuju blade.
- Mengukur kecepatan angin setelah melewati sudu pengarah (tidak ada blade)

• **Tahap Pengujian**

- Menyalakan kipas angin.
 - Hubungkan dengan sumber listrik AC
 - Sekring dalam posisi (on)
 - Putar tombol Rpm (potensio) secara pelan pelan searah jarum jam untuk menaikkan putaran.
 - Untuk menurunkan Rpm, putaran potensio berlawanan jarum jam.
 - Atur kecepatan angin.
- Arahkan anemometer ke arah angin setelah melewati lorong angin, agar kita dapat mengetahui kecepatan angin
- Berikan beban pada turbin yang telah terikat dengan benang.
- Hitung waktu beban terangkat sampai dengan tinggi yang kita tentukan.
- Ulangi beberapa kali.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif. Sehingga analisis data dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif dalam bentuk

tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2007:147).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Hasil Penelitian

- Analisis Daya Pada Turbin
- Perhitungan P out

$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} \tag{1}$$

$$P = \frac{0,8 \cdot 9,8 \cdot 0,1}{1,4}$$

$$= 0,560 \frac{N \cdot m}{s} = \text{watt}$$

- Perhitungan P angin

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot v^3 \cdot S \tag{2}$$

$$P = 0,5 \cdot 1,31 \cdot 4,2^3 \cdot 0,1225$$

$$= 5,945 \text{ watt}$$

- Perhitungan CP

$$CP = \frac{P \text{ out}}{P \text{ in}}$$

$$CP = \frac{0,560}{5,945}$$

$$= 0,094$$

- Perhitungan TSR λ

$$\omega = \frac{1,75}{1}$$

$$\omega = \frac{1 \text{ t}}{1,4}$$

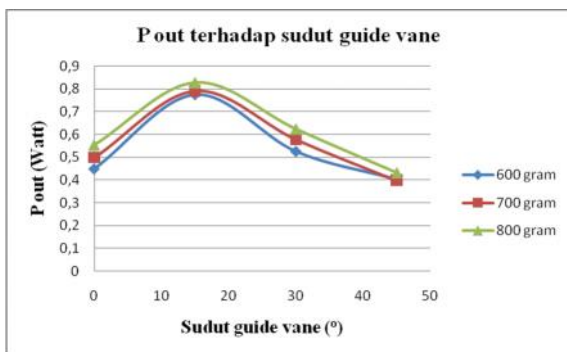
$$= 1,35$$

$$\lambda = \frac{\omega \cdot \frac{D}{2}}{v}$$

$$\lambda = \frac{1,35 \cdot \frac{0,35}{2}}{4,2}$$

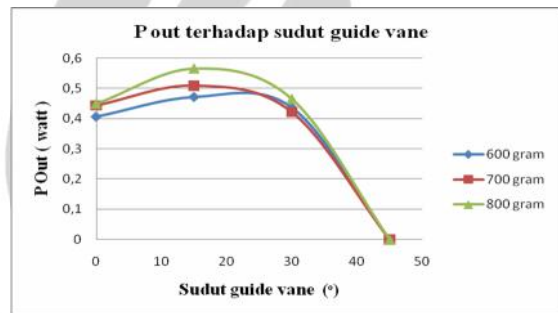
$$= 0,05$$

- Perbandingan daya dengan sudut *guide vane* berdasarkan beban pada kecepatan angin 3,5 m/s.



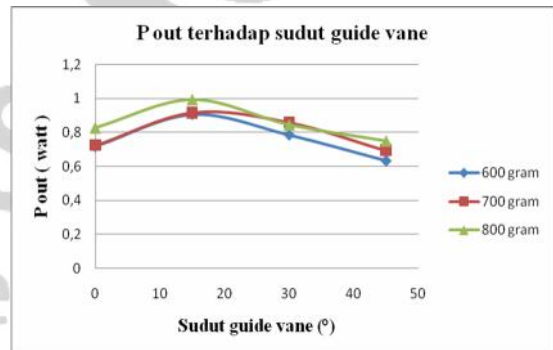
Gambar 3. Grafik Pout terhadap sudut *guide vane*, 2 blade kecepatan angin 3,5 m/s pada keseluruhan variasi beban.

Distribusi P out pada kec angin 3,5 m/s, 2 blade. Terjadi peningkatan harga P out dari sudut Dari gambar 4.1 grafik distribusi P out pada kec angin 3,5 m/s, 2 blade. terjadi peningkatan harga P out dari sudut guide vane 0° sampai dengan 15° pada semua beban yang divariasikan. Dan yang terbesar pada beban 800 gram atau pada letak P out maksimum yaitu sebesar 8,2x10⁻¹ watt. Dan terjadi penurunan P out mulai dari sudut 15° sampai dengan 45° dikarenakan massa udara yang masuk ke guide vane menuju blade terhalang oleh sudu-sudu guide vane. Hal ini menandakan adanya perbedaan sudut guide vane yang dapat mempengaruhi putaran turbin. Pada sudut guide vane 15° menghasilkan P out terbesar, disebabkan angin yang masuk menuju blade sangat maksimal dan 15° adalah sudut yang paling optimal dalam mengekstrak angin



Gambar 4. Grafik P out terhadap sudut guide vane, 3 blade kecepatan angin 3,5 m/s pada keseluruhan variasi beban.

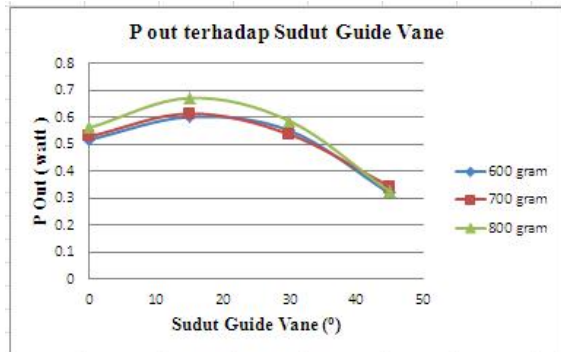
- Perbandingan daya dengan sudut *guide vane* berdasarkan beban pada kecepatan angin 4,2 m/s.



Gambar 5. Grafik P out terhadap sudut guide vane, 2 blade kecepatan angin 4,2 m/s pada keseluruhan variasi beban

Dari gambar 5 grafik distribusi P out pada kec angin 4,2 m/s, 3 blade. tampak bahwa peningkatan harga P out maksimum terbesar terletak pada sudut guide vane 15° pada semua beban yang divariasikan. Dan yang terbesar pada beban 800 gram atau pada letak P out maksimum yaitu sebesar 9,9 x 10⁻¹ watt. Dan terjadi penurunan P out mulai dari sudut 15° sampai dengan 45° dikarenakan massa udara yang masuk ke guide vane menuju blade terhalang oleh sudu-sudu guide vane. Hal ini menandakan adanya perbedaan sudut guide vane yang dapat

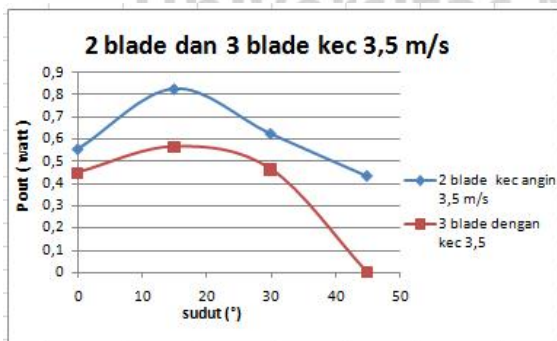
mempengaruhi putaran turbin. Pada sudut guide vane 15° menghasilkan P_{out} terbesar, disebabkan angin yang masuk menuju blade sangat maksimal dan 15° adalah sudut yang paling optimal dalam mengekstrak angin.



Gambar 6. Grafik P_{out} terhadap sudut guide vane, 3 blade kecepatan angin 4,2 m/s pada keseluruhan variasi beban

Dari gambar 6, grafik distribusi P_{out} pada kec angin 4,2 m/s, 3 blade. tampak bahwa peningkatan harga P_{out} maksimum terbesar terletak pada sudut guide vane 15° pada semua beban yang divariasikan. Dan yang terbesar pada beban 800 gram atau pada letak P_{out} maksimum yaitu sebesar $1,1 \times 10^7$ watt. Dan terjadi penurunan P_{out} mulai sudut 15° s.d 45° dikarenakan angin yang menuju blade terhalang pada saat melewati sudu-sudu guide vane. Hal ini menandakan adanya perbedaan sudut guide vane yang dapat mempengaruhi putaran turbin. Pada sudut guide vane 15° menghasilkan P_{out} terbesar, disebabkan angin yang masuk menuju blade sangat maksimal dan 15° adalah sudut yang paling optimal dalam mengekstrak angin.

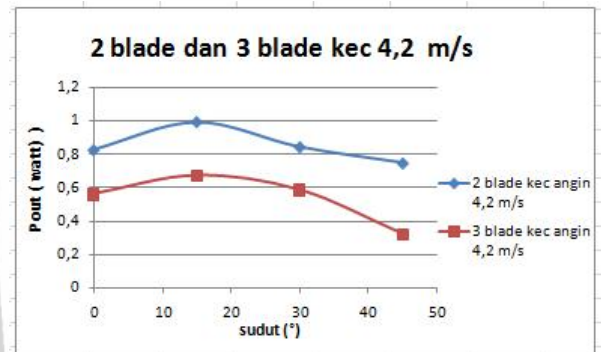
- Perbandingan antara 2 dan 3 blade kecepatan angin 3,5 m/s.



Gambar 7. Grafik P_{out} terhadap sudut guide vane, 2 dan 3 blade, kecepatan angin 3,5 m/s dengan beban 800 gram

Dari grafik diatas terlihat bahwa penggunaan 2 blade pada sudut 15° dengan kecepatan angin 3,5 m/s menghasilkan P_{out} yang lebih besar di bandingkan dengan 3 blade dengan sudut guide vane dan kecepatan angin yang sama. Tetapi tampak ada penurunan yang sangat drastis yang terjadi pada 3 blade, sudut 45° dengan kecepatan angin 3,5 m/s sehingga peneliti tidak bisa melakukan pengambilan

data dikarenakan angin yang masuk terhambat oleh sudu-sudu guide vane.



Gambar 8. Grafik P_{out} terhadap sudut guide vane, 2 dan 3 blade, kecepatan angin 4,2 m/s dengan beban 800 gram

Dari grafik diatas terlihat bahwa penggunaan 2 blade pada sudut 15° dengan kecepatan angin 4,2 m/s menghasilkan P_{out} yang lebih besar di bandingkan dengan 3 blade dengan sudut guide vane dan kecepatan angin yang sama. Tetapi tampak adanya penurunan daya yang terjadi pada 3 blade, sudut 45° dengan kecepatan angin 4,2 m/s dikarenakan angin yang masuk terhambat oleh sudu-sudu guide vane.

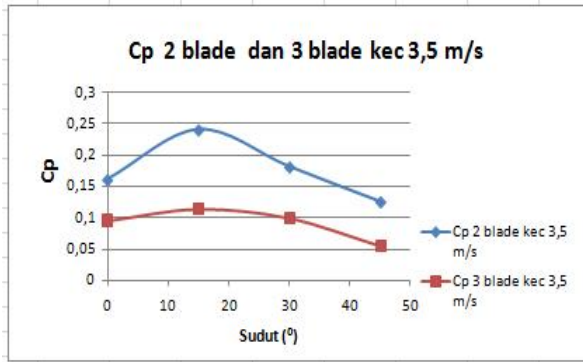
- Perbandingan antara 2 dan 3 blade



Gambar 9. Grafik P_{out} terhadap sudut guide vane, 2 dan 3 blade dengan beban 800 gram

Dari grafik diatas nampak bahwa pengaruh jumlah 2 blade dengan menggunakan kecepatan 3,5 m/s dan 4,2 m/s menghasilkan P_{out} yang lebih besar dari pada menggunakan 3 blade pada kecepatan yang sama, ini terlihat pada grafik perbandingan blade yang menunjukkan perbedaan hasil antara kedua blade. Dan dapat disimpulkan bahwa 2 blade lebih optimal dari pada 3 blade dalam semua variasi kecepatan, dan semua variasi sudut.

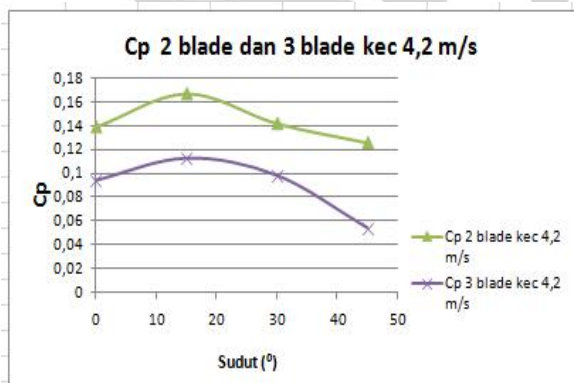
- Perbandingan analisis C_p berdasarkan kecepatan angin 3,5 m/s.



Gambar 10. Grafik C_p terhadap sudut guide vane pada kecepatan 3,5 m/s dengan beban 800 gram

Dari gambar diatas grafik C_p yang dihasilkan pada 2 blade kecepatan angin 3,5 m/s dengan nilai $2,4 \times 10^{-1}$ lebih besar dari C_p yang dihasilkan pada 3 blade dengan kecepatan angin yang sama, hal ini menunjukkan bahwa hasil terbaik dari jumlah 2 blade lebih maksimum dibandingkan dengan jumlah 3 blade.

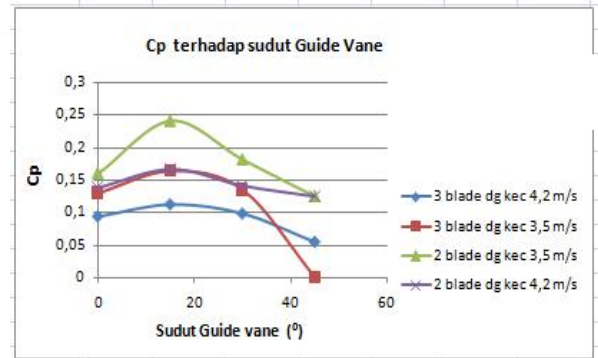
- Perbandingan Analisis C_p 2 blade dan 3 blade kecepatan angin 3,5 m/s



Gambar 11. Grafik C_p terhadap sudut guide vane pada kecepatan 4,2 m/s dengan beban 800 gram.

Dari gambar diatas grafik C_p yang dihasilkan pada 2 blade kecepatan angin 3,5 m/s dengan nilai $2,4 \times 10^{-1}$ lebih besar dari C_p yang dihasilkan pada 3 blade dengan kecepatan angin yang sama, hal ini menunjukkan bahwa hasil terbaik dari jumlah 2 blade lebih maksimum dibandingkan dengan jumlah 3 blade.

- Perbandingan Analisis C_p 2 blade dan 3 blade Berdasarkan Kecepatan Angin Perbandingan C_p berdasarkan kecepatan angin dengan menggunakan 2 dan 3 blade.



Gambar 12. Grafik C_p terhadap sudut guide vane pada beban 800 gram

Dari gambar diatas grafik distribusi C_p pada 2 blade dengan kec angin 3,5 m/s, tampak bahwa peningkatan harga distribusi C_p maksimum terbesar terletak pada sudut 15° atau pada letak C_p maksimum yaitu sebesar $1,1 \times 10^{-1}$. Hal ini menandakan perbedaan sudut guide vane yang dapat mempengaruhi putaran turbin sehingga waktu tempuh beban terangkat lebih cepat, dan koefisien power yang di hasilkan semakin besar pula. Akan tetapi pada grafik yang terlihat terjadi penurunan pada turbin angin 2 blade dengan kecepatan angin 4,2 m/s dan pada grafik 3 blade pada kecepatan 3,5 m/s yang terjadi penurunan yang sangat drastis sekali ini dikarenakan sudu-sudu pada sudut guide vane yang menghalangi aliran angin, sehingga angin yg masuk tidak maksimal yang berpengaruh pada pengangkatan beban membutuhkan waktu yang lama.

PENUTUP

Simulan

Dari analisis pada bab IV yang diperoleh dari penelitian karakteristik turbin angin Savonius dengan menggunakan bantuan *guide vane* dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- Daya tertinggi yang dihasilkan turbin angin Savonius dengan jumlah 2 blade dengan menggunakan sudut *guide vane* 15° adalah $1,67 \times 10^{-1}$ watt yang mengangkat beban 800 gram dengan kecepatan angin 4,2 m/s.
- *Coefficient of Power* (C_p) tertinggi yang dihasilkan turbin angin savonius dengan jumlah blade 2 dengan menggunakan sudut *guide vane* 15° adalah $2,40 \times 10^{-1}$ watt yang mengangkat beban 800 gram dengan kecepatan angin 3,5 m/s.

Saran

Diharapkan pada penelitian kedepannya mengenai turbin angin *vertical axis*, perlu di munculkan variasi-variasi baru dengan model *blade* atau *guide vane* dengan model yang berbeda agar daya yang dihasilkan lebih maksimal dan dapat menunjukkan bahwa dengan variasi-variasi baru, koefisien daya masih bisa ditingkatkan

sehingga dapat diperoleh data-data baru yang lebih banyak sehingga semakin banyak data yang dijadikan referensi kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Burcin Deda Altan, Mehmet Atilgan, Aydogan Ozdamar , 2008. “*An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining*”.
- Cooper, Paul and Oliver Kennedy. 2002. “*Development and Analysis of a Novel Vertical Axis Wind Turbine*”. University of Wollongong, Wollongong, Australia.
- Daryanto, 2007, “*Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*”. Balai PPTAGG-UPT-LAGG, Yogyakarta, 5 April
- Fiedler, Andrzej J. & Stephen Tullis. “*Blade Offset and Pitch Effects on a High Solidity Vertical Axis Wind Turbine*”. 2009. Department of Mechanical Engineering, McMaster University
- Herlamba S., Indra. 2007. “*Mesin Konversi Energi*”. Surabaya: Unipress
- Hermawan. 2010. “*Unjuk Kerja Model Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Dengan Variasi Jumlah Sudu Dan Variasi Posisi Sudut Turbin*”. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- J. Kumbornuss n, J.Chen,H.X.Yang,L.Lu , 2012 “*The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors*”. The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
- Tedjo Narsoyo Reksoatmodjo (2005) tentang *Vertical-Axis Differential Drag Windmill*. Dosen Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI)