

PENGARUH JARAK CELAH BLADE *TANDEM* DENGAN BLADE UTAMA TERHADAP KARAKTERISTIK AERODINAMIS TURBIN ANGIN SAVONIUS

Edy Suwoyo

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

Indra Herlamba Siregar

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

Abstrak

Dengan adanya potensi angin di Indonesia, maka bisa dimanfaatkan untuk penggunaan turbin angin. Oleh sebab itu, model Savonius perlu dikembangkan lagi desain nya supaya mendapat model turbin angin savonius yang menghasilkan daya efisiensi yang optimal. Tujuan penelitian ini; (1) untuk mengetahui ukuran jarak celah blade tandem dengan blade utama yang tepat, (2) untuk mengetahui pengaruh jarak celah sudu tandem dengan sudu utama terhadap daya dan efisiensi pada model turbin angin *savonius*. Metode yang digunakan yaitu metode ekperimental dengan obyek turbin angin model Savonius (2 *blade*) 1 tingkat dengan variasi jarak celah blade tandem dengan *blade* utama. Cara pengambilan data merangkai model turbin angin dengan jarak celah blade yang akan diteliti pada setiap tingkat kecepatan angin dan pembebanan. Pada eksperimen ini peneliti menggunakan variasi jarak celah sudu tandem dengan sudu utama dengan variasi jarak 105mm, 110mm, 115mm dan 120mm. Hasil penelitian membuktikan bahwa pengaruh celah *Blade* paling optimal terdapat pada variasi 105mm dengan daya diperoleh 0,8937 *Watt* dan nilai efisiensi 9,745 % pada angin berkecepatan 5,5 *m/s*.

Kata Kunci: turbin angin *savonius*, *vertical*, *blade tandem*, jarak celah antar *blade*.

Abstract

With sufficient wind potential in Indonesia, it can be used for wind turbine applications. Therefore, the Savonius wind turbine needs to be further developed in order to get a Savonius wind turbine model that produces optimal power efficiency. The purpose of this research; (1) to determine the correct size of the tandem blade gap with the main blade, (2) to determine the effect of the tandem blade clearance with the main blade on the power and efficiency of the Savonius wind turbine model. The method used is an experimental method with the object of a Savonius type wind turbine (two blades) one level with variations in the distance of the tandem blade gap with the main blade. The method of data collection is assembling a wind turbine model with a blade gap distance that will be studied at each level of wind speed and loading. In this experiment the researchers used variations in the tandem blade gap distance with the main blade with variations in the distance of 105mm, 110mm, 115mm and 120mm. The results of the study prove that the effect of the most optimal blade gap is in the variation of 105mm with a power of 0.8937 Watt and an efficiency value of 9.745% at a wind speed of 5.5 m/s.

Keywords: *Savonius wind turbine, Vertical, Tandem Blade, Gap distance between blades.*

UNESA
Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Menurut DEN (2016) di Indonesia pada energi primer akan meningkat sekitar 6,4% per tahun hingga tahun 2025 jika dibandingkan dengan konsumsi energi tahun 2015 sebesar 128,8 *Million Ton of Oil Equivalent (MTOE)* menjadi 238,8 *MTOE* atau meningkat kurang lebih 1,8 kali lipatnya tahun 2025. Tapi sebagian besar (82%) dari kebutuhan energi primer tersebut masih dipenuhi energi fosil dan diproyeksikan masih akan tetap dominan (75%) sampai tahun 2035. Tetapi hal itu berbanding terbalik dengan jumlah energi fosil yang terbatas dan akan selalu menipis jumlahnya. Selama ini

energi fosil masih menjadi sumber daya yang lebih banyak difokuskan dan di eksplorasi bersifat *unrenewable* sedangkan energi yang bersifat *renewable* (terbarukan) malah belum banyak dimanfaatkan.

Angin adalah aliran udara dalam jumlah besar yang terjadi akibat pergerakan bumi mengitari porosnya dan juga akibat perbedaan tekanan udara. Energi angin di Indonesia sangat besar, dikarenakan Indonesia merupakan negara kepulauan. Pembangkit Listrik Tenaga Angin merupakan pembangkit listrik yang menggunakan energi angin sebagai sumber energinya untuk menghasilkan energy listrik. Pembangkit ini

menggunakan sistem konversi energi angin menjadi listrik menggunakan turbin angin maupun kincir angin.

Dengan adanya potensi angin memenuhi di Indonesia bisa digunakan untuk pemasangan turbin angin. *Vertical Axis Wind Turbin* adalah turbin angin sumbu tegak yang rotor dan poros bergerak sejajar dengan arah angin, sehingga rotor bisa berputar pada segala arah angin. *Vertical Axis Wind Turbin* terbagi menjadi 2 yaitu *Savonius* dan *Darrieus*. Turbin *Darrieus* yaitu memanfaatkan gaya *lift* dan sedangkan *Savonius* memanfaatkan gaya *drag*.

Turbin-angin-savonius adalah salah 1 jenis turbin angin yang bisa untuk menghasilkan energi listrik, turbin angin savonius tersebut lumayan praktis serta sederhana tanpa terpengaruh dari arah datang angin. Turbin angin savonius mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanis dalam bentuk gaya dorong, bagian sudut mengambil angin disebut *downwind* dan sedangkan bagian sudu yang melawan arah angin disebut *upwind*. Energi angin tersebut memutar turbin anginn dan diteruskan untuk memutar rotor pada sebuah generator dibagian turbin angin (Siregar. 2021).

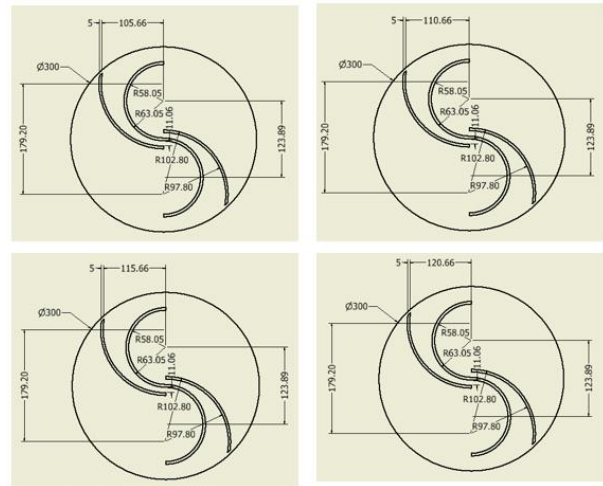
Dari latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian “PENGARUH JARAK CELAH *BLADE* TANDEM DENGAN *BLADE* UTAMA TERHADAP KARAKTERISTIK AERODINAMIS TURBIN ANGIN *SAVONIUS*”.

METODE

Metode pada penelitian ini menggunakan metoda eksperimen. Kegiatan yang sedang dilakukan pada penelitian ini meliputi perancangan turbin angin *vertical* jenis savonius (2 sudu) 1 tingkat dengan variasi jarak celah *blade* tandem dengan *blade* utama, pembuatan turbin angin vertikal, *set up* alat, dan pengambilan data.

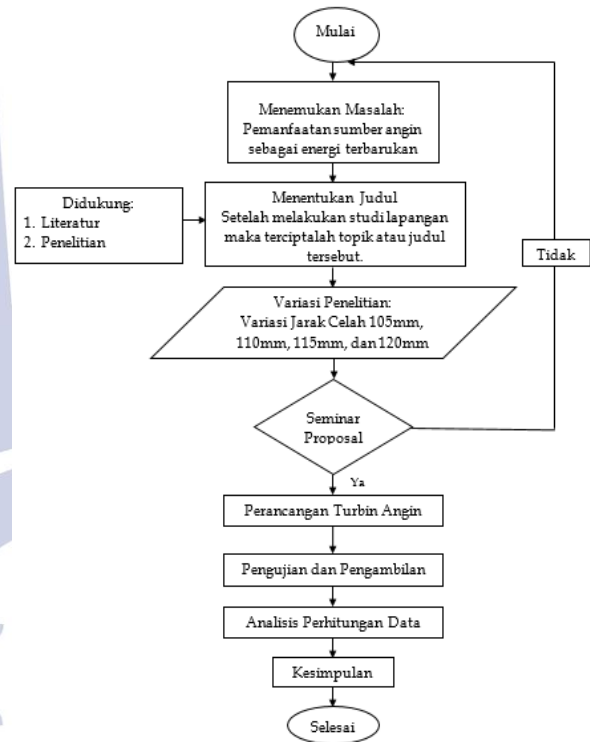
Obyek Penelitian

Obyek penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu turbin angin jenis Savonius (2 sudu) 1 tingkat dengan variasi jarak celah *blade* tandem dengan *main blade* dengan variasi jarak 105mm, 110mm, 115mm dan 120mm.



Gambar 1. Variasi Turbin Savonius

Rancangan Penelitian



Gambar 2. Flowcart Penelitian

Instrument Penelitian

Intrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Tachometer
- Kipas
- Anemometer
- Terowongan pengujian
- Neraca pegas
- Inverter kipas angin

Variabel Penelitian

- Variable Bebas
 variasi jarak celah antara Tandem blade dengan Main Blade dengan variasi jarak sebesar +5mm, +10mm, +15mm, dan +20mm

- Variabel terikat
Variabel terikat pada penelitian ini adalah daya dan karakteristik efisiensi
- Variabel Kontrol
 - Model Model Turbin Angin Savonius tipe-S (4 blade) dan 1 Tingkat
 - Beban turbin angin terdiri dari, 100 gr, 200 gr, 300 gr, 400 gr dan seterusnya sampai turbin tersebut terhenti.
 - Kecepatan angin yang digunakan, yaitu 3 m/s sampai 6 m/s.

Prosedur Penelitian

Tahap Penelitian

- Mempersiapkan proposal penelitian, menentukan rumusan masalah, memuat rancangan penelitian, dan menentukan waktu serta tempat penelitian.
- Konsultasi kepada pembimbing mengenai proposal serta rumusan masalah yang sudah dipilih peneliti.
- Mendesain turbin sumbu vertikal jenis savonius dengan variasi jarak celah Blade dengan variasi jarak 105mm, 110mm, 115mm dan 120mm
- Surve serta menyiapkan perlengkapan serta peralatan yang akan digunakan.
- Menyediakan instrument serta perlengkapan yang digunakan dalam penelitian
- Mengenai waktu pelaksanaan penelitian melakukan koordinasi dulu dengan dosen pembimbing.

Tahap Pelaksanaan

- Persiapan peralatan untuk pengujian eksperimen
- Merangkai model turbin angin pada terowongan penelitian.
- Setelahnya menentukan jarak celah blade yang akan diteliti, yaitu: 105mm, 110mm, 115mm dan 120mm
- Menyalakan Kipas angin, naikkan RPM kipas dengan bertahap-sampai menjangkau kecepatan yang diinginkan.
- Mengukur kecepatan angin menggunakan *Anemometer*, angina diukur kecepatannya sesudah angina melewati terowongan. Variasi kecepatan angin yang dipakai adalah: 3 m/s-6 m/s
- Beri beban pada tali pulley. Variasi beban yang digunakan adalah 100 gr, 200 gr, 300 gr, 400 gr dan seterusnya sampai turbin berhenti
- Pengamatan mulai dilakukan setelah turbin diberi beban, pengamatan tersebut dilakukan hingga beban yang diberikan pada tali pulley berhenti bergerak menurun dari posisi awal
- Ukur putaran poros turbin angin menggunakan tachometer
- Pengambilan data dilakukan setiap kecepatan angin dan pembebanan
- Mencatat data waktu, kecepatan angin, putaran turbin, dan beban
- Mengulangi langkah percobaan hingga tiga kali

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengambilan data pada penelitian ini memakai teknik eksperimen, dengan mengukur dan menguji

obyek yang diteliti serta mencatat data yang diperlukan peneliti

Teknik Analisis Data

Penelitian ini memakai metode deskriptif. Tujuan menggunakan metode ini adalah mendeskripsikan hasil-hasil yang didapat sesudah melakukan penelitian. Data yang diperoleh dari turbin angin *vertical* dapat dibilang efektif kalau;

Data yang didapat dari eksperimen itu dimasukkan kedalam tabel dan ditampilkam dalam bentuk grafik yang kemudian dianalisa serta di tarik kesimpulan.

- Seberapa berpengaruh variasi penambahan jarak antara Tandem Blade dengan Main Blade terhadap karakteristik Aerodinamisnya
- Besarnya daya yang dapat dihasilkan pada tiap variasi jarak celah Blade
- Nilai efisiensi terbaik yang dapat dihasilkan dengan variasi penambahan jarak celah blade

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data

Hasil pengumpulan data “Pengaruh Jarak Celah *Blade* Tandem dengan *Blade* Utama Terhadap Karakteristik Aerodinamis Turbin Angin Savonius” Variasi jarak celah yang digunakan 105mm, 110mm, 115mm dan 120mm terhadap arah datangnya mata angina yang didapat dari penelitian yang dilakukan di laboraorium gedung A8 Fakultas Teknik Mesin Uniersitas Negeri Surabaya. Dengan data yang sudah diperoleh, proses perhitunganpun dapa dilakukan yang nantinya hasil dari perhitungan tersebut digunakan untuk menganalisa dan membahas hasil dari penelitian pengaruh jarak celah terhadap daya dan koefisien turbin angin Savonius.

Variasi Jarak Celah Antar Blade	Kec. Angin (m/s)	Beban Poros (gram)	Beban neraca (gram)	Putaran Turbin (RPM)
105 mm	5,5 m/s	100	40	359
	5,5 m/s	200	50	280
	5,5 m/s	300	80	213
	5,5 m/s	400	110	178
	5,5 m/s	500	130	157
	5,5 m/s	600	580	0

Gambar 1. Data Variasi Jarak 105mm Angin 5,5 m/s Perhitungan

- Menghitung daya angin memakai rumus :

$$\begin{aligned}
 Pa &= 1/2 \rho A v^3 \\
 &= 1/2 \times 1,225 \times 0,09 \times (5,5)^3 \\
 &= 1/2 \times 1,225 \times 0,09 \times 166,375 \\
 &= 9,17 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

- Menghitungi daya turbin memakai rumus :

$$\begin{aligned}
 Pt &= T.\omega \\
 &= (F_1 . r) . \omega \\
 &= ((F_1 - F_2) . r) . (2\pi N/60) \\
 &= (((500-130)/1000) \times 9,8) \times 0,015) \times ((2 \times 3,14 \times 157)/60) \\
 &= (3,626 \times 0,015) \times 16,014 \\
 &= 0,05439 \times 16,432
 \end{aligned}$$

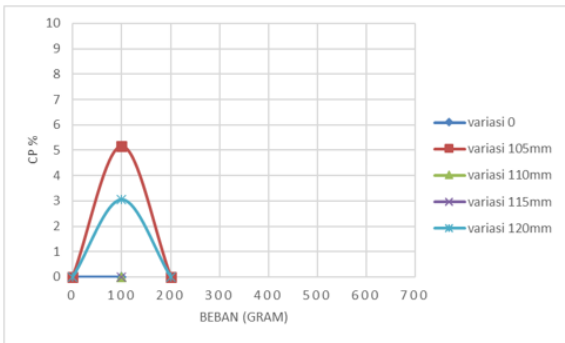
= 0,8937 watt

- Untuk menghitung CP digunakan rumus :
 $CP = Pt/Pa \times 100\%$
 $CP = 0,8937/9,17 \times 100\%$
 $= 9,745 \%$

Hasil Eksperimen

Kec. Angin 3 m/s					
beban	variasi 0	variasi 105mm	variasi 110mm	variasi 115mm	variasi 120mm
0	0	0	0	0	0
100	0	6,367	0	0	3,545
200		0			0

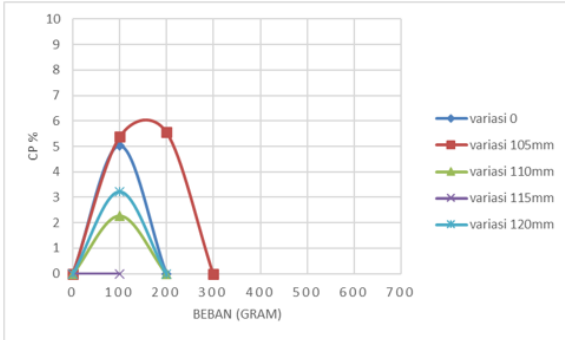
Gambar 2. Data CP Vs Beban kecepatan 3 m/s



Gambar 3. Grafik CP Vs Beban kecepatan 3 m/s

Kec angin 3,5 m/s					
beban	variasi 0	variasi 105mm	variasi 110mm	variasi 115mm	variasi 120mm
0	0	0	0	0	0
100	5,028	5,377	2,265	0	3,215
200	0	5,569	0		0
300		0			

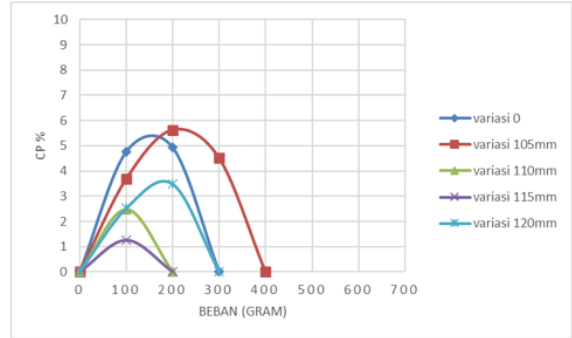
Gambar 4. Data CP vs Beban kecepatan 3,5 m/s



Gambar 5. Grafik CP vs Beban Kecepatan 3,5 m/s

Kec. Angin 4 m/s					
beban	variasi 0	variasi 105mm	variasi 110mm	variasi 115mm	variasi 120mm
0	0	0	0	0	0
100	4,762	3,685	2,466	1,247	2,522
200	4,932	5,625	0	0	3,488
300	0	4,513			0
400		0			

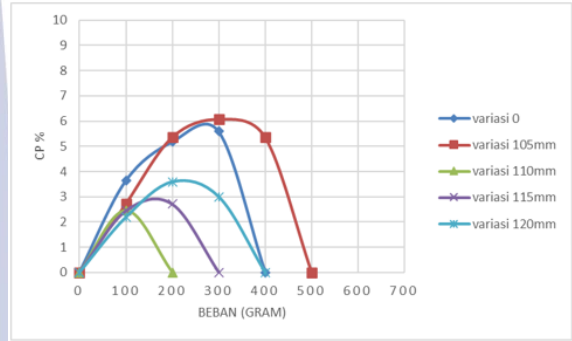
Gambar 6. Data CP vs Beban Kecepatan 4 m/s



Gambar 7. Grafik CP vs Beban Kecepatan 4 m/s

Kec. Angi 4,5 m/s					
beban	variasi 0	variasi 105mm	variasi 110mm	variasi 115mm	variasi 120mm
0	0	0	0	0	0
100	3,643	2,719	2,444	2,448	2,19
200	5,188	5,364	0	2,709	3,597
300	5,588	6,078		0	3,003
400	0	5,357			0
500		0			

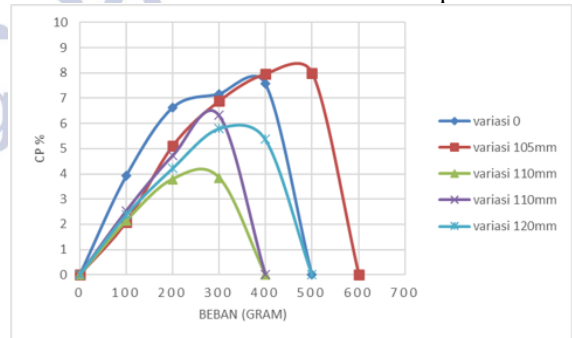
Gambar 8. Data CP vs Beban Kecepatan 4,5 m/s



Gambar 9. Grafik CP vs Beban Kecepatan 4,5 m/s

Kec. Angi 5 m/s					
beban	variasi 0	variasi 105mm	variasi 110mm	variasi 115mm	variasi 120mm
0	0	0	0	0	0
100	3,923	2,1	2,133	2,532	2,375
200	6,627	5,115	3,788	4,72	4,22
300	7,172	6,892	3,845	6,316	5,796
400	7,576	7,964	0	0	5,365
500	0	7,987			0
600		0			

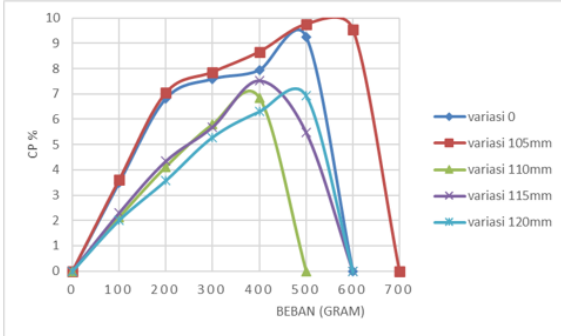
Gambar 10. Data CP vs Beban Kecepatan 5 m/s



Gamar 11. Grafik CP vs beban kecepatan 5 m/s

Kec. Angi 5,5 m/s					
beban	variasi 0	variasi 105mm	variasi 110mm	variasi 115mm	variasi 120mm
0	0	0	0	0	0
100	3,5	3,613	2,125	2,301	2,008
200	6,812	7,045	4,126	4,344	3,576
300	7,586	7,861	5,794	5,692	5,284
400	7,936	8,659	6,829	7,519	6,294
500	9,248	9,745	0	5,479	6,919
600	0	0	0	0	0
700	0	0	0	0	0

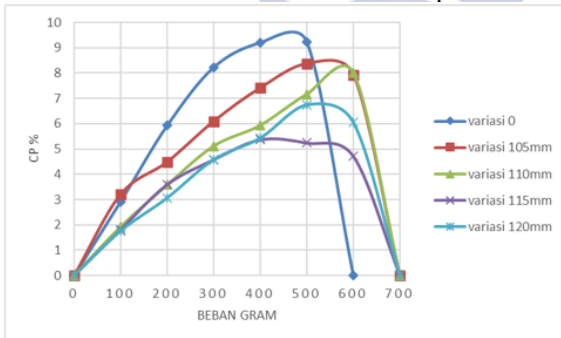
Gambar 12. Data CP vs Bebam kecepatan 5,5 m/s



Gambar 13. Grafik CP vs Bebam Kecepatan 5,5m/s

Kec. Angi 6 m/s					
beban	variasi 0	variasi 105mm	variasi 110mm	variasi 115mm	variasi 120mm
0	0	0	0	0	0
100	2,922	3,204	1,926	1,814	1,763
200	5,928	4,486	3,578	3,6	3,07
300	8,229	6,092	5,117	4,582	4,584
400	9,199	7,409	5,934	5,372	5,436
500	9,238	8,365	7,163	5,244	6,745
600	0	7,937	8,001	4,719	6,056
700	0	0	0	0	0

Gambar 14. Data CP Vs beban kecepatan 6m/s

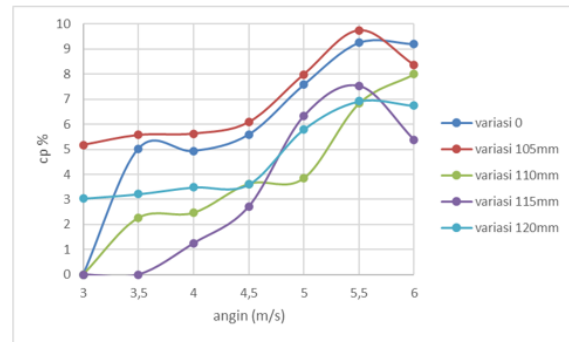


Gambar 15. Grafik CP vs bean kecepatan 6m/s

Dari grafik - grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan *Blade Tandem* dengan jarak tertentu, maka dapat menghasilkan CP turbin angin savonius angin tinggi. Nilai CP turbin angin tertinggi diperoleh 9,745 % pada kecepatan angin 5,5 m/s dengan beban sebesar 500 gram dengan penambahan *Tandem Blade* dengan jarak celah 35°.

angin	variasi 0	variasi 105mm	variasi 110mm	variasi 115mm	variasi 120mm
3	0	5.173	0	0	3.039
3,5	5.028	5.569	2.265	0	3.215
4	4.932	5.625	2.466	1.247	3.488
4,5	5.588	6.078	3.623	2.709	3.597
5	7.576	7.987	3.845	6.316	5.796
5,5	9.248	9.745	6.829	7.519	6.919
6	9.199	8.365	8.001	5.372	6.745

Gambar 16. Data CP vs Kecepatan angin (m/s)



Gambar 17. Grafik CP Pada Kecepatan Angin

Dilihat dari gambar 17 diatas menunjukkan bahwa kecepatan angin terbaik *Coefficient Power* (CP) didapat saat kecepatan angin 5,5 m/s dibanding kecepatan angin lainnya. Semakin besar kecepatan angin, maka CP yang dihasilkan akan semakin naik. Akan tetapi disini terlihat pada angin 6 m/s CP menurun, tapi ketahanan turbin angin terhadap beban lebih meningkat.

Selain dapat disimpulkan bahwa turbin angin savonius dapat berputar karena adanya perbedaan tekanan antara sisi bagian cekung (*advancing blade*) dengan bagian sisi cembung (*returning blade*). Semakin besarnya angin yang diarahkan *Blade Tandem* menuju bagian sisi cekung (*advancing blade*) dari turbin dan semakin kecilnya angin yang menghantam bagian sisi cembung (*returning blade*) turbin, maka turbin akan berputar semakin baik.

PENUTUP

Simpulan

- Jarak celah *Blade Tandem* terbaik diperoleh pada variasi jarak celah 105mm antara *Blade* utama dengan *Tandem Blade*. Tetapi variasi ini belum menunjukkan nilai optimal, yang berarti ada kemungkinan bisa lebih optimal lagi jika ada variasi jarak celah lain.
- Daya yang diperoleh dengan penambahan *Blade Tandem* pada variasi jarak celah 105mm yaitu daya sebesar 0,8937 watt dengan beban sebesar 500 gram. Sedangkan *Coefficient Power* (CP) terbaik yang diperoleh dengan penambahan variasi *Tandem Blade* diperoleh pada variasi 105mm dengan CP sebesar 9,745 %. Dengan beban sebesar 500gram. Tetapi nilai *Coefficient-Power* (CP) dan daya ini belum menunjukkan nilai optimal, yang yang berarti ada kemungkinan *Coefficient-Power* (CP) dan daya bisa lebih baik jika ada variasi jarak celah dengan memperkecil atau memperlebar jarak celah antara *blade* utama dengan *blade* pengganggu

Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan :

- Menggunakan model turbin angin yang berbeda agar bisa diketahui model terbaik yang sesuai bila dipasangkan dengan penambahan *Blade Tandem*. Pada rangkaian pengujian :

- Meningkatkan kualitas tali yang dipakai pada sistim pengereman poros saat pembebanan dilakukan agar bisa menjaga keselamatan kerja pada pengambilan data selama pengujian.
- Menambahkan tempat dudukan untuk-alat ukur *tachometer* agar posisi alat-ukur bisa selalu *standby* pada posisi sama tiap kali dilakukan pengukuran sehingga rata-rata data putaran RPM turbin angin yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Faruk dan A. Sharifian. 2015. "Influence of Blade Overlap and Blade Angle on the Aerodynamic Coefficients in Vertical Axis Swirling type Savonius Wind Turbine"
- Alphen Steel 2017. "Optimization and integration of hybrid renewable energy hydrogen fuel cell energy systems – A critical review"
- Arsad, Agus Muhamad., dan Hartono, Firman. 2009. "Pembuatan Kode Desain dan Analisi Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H". *Jurnal Teknologi Dirgantara*. Vol. 7: pp 93-100.
- Akwa, J.V., Vielmo, H.A., and Pretz, A.P. 2012. "A Review on The Performance of Savonius Wind Turbines". *Renewable and Sustainable Energy Riviews*. Vol. 16: pp 3054-3064.
- Arifin sanusi. 2017. "Performance Analysis of a Combined Blade Savonius Wind Turbines".
- Ajao, K.R., and M.R., Mahamood. 2009. "Wind Energy Conversion System: The Past, The Present And The Prospect". *Journal of American Science*. Vol. 5: pp 17-22.
- Budi Sugiharto, Sudjito Soeparman, Denny Widhiyanuriyawan, dan Slamet Wahyudi. 2017. "Simulasi Kincir Angin Savonius dengan Variasi Pengarah".
- B. Wahyudi, S. Soeparman, S. Wahyudi, dan W. Denny. 2013. "Studi Simulasi Arus dan Tekanan Distribusi Pola di dalam dan sekitar dari Tandem Bilah Rotor dari Savonius (TBS) hidrokinetic Model Turbin"
- Dewan Energi Nasional. 2010. *Indonesian Energy Outlook (IEO)*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Dewan Energi Nasional. 2014. *Indonesian Energy Outlook (IEO)*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Dewan Energi Nasional. 2016. *Indonesian Energy Outlook (IEO)*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Hau, Erich. 2013. *Wind Turbine: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Three Edition. Berlin: Springer.
- Halil, Muhammad. 2018 "Penguujian Kinerja Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal Overlap Dengan Deflektor Lengkung Ganda". *Majalah Teknik Simes*.
- Katz, Joseph. 1995. *Race Car Aerodynamics Designing for Speed*. Bentley Publishers: a division of Robbert Bentley, Inc.
- Mahmoud. N.H, A.A. El-Haroun, E. Wahba, M.H. Nasef. 2012. "An Experimental Study on Improvement of Savonius Rotor Performance". Mesir: Engineering-Alexandria University.
- M.A Kamoji, S.B. Kedare a, S.V. Prabhu. 2008. "Experimental Investigation On Single Stage Modified Savonius Rotor". *Applied Energy*
- Mathew, Sathyajith. 2006. "Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics". Berlin: Springer.
- Moch. Muchlis dan Adhi Darma Permana. 2012. "Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 sampai 2020".
- Rahmanto, A., & Siregar, I. H. (2019). Studi Eksperimen Pengaruh Jarak Celah Blade Pengganggu Dengan Blade Utama Terhadap Kinerja Savonius. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2).
- Rathod. Parth, Kapil hatik, ketul shah, het desai, jay shah. 2016. "A Review on Combined Vertical Axis Wind Turbine". *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology (IJIRSET)*. Vol. 5: pp 5748-5754.
- 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.