

Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Crossflow Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Bilah Hibrid Cross Flow Dan Savonius Tipe J Pada Kondisi Angin Lapangan

by Indra Siregar

Submission date: 14-Aug-2022 08:58AM (UTC+0700)

Submission ID: 1882172979

File name: prosiding_semnas_ppm_2017_Jo-Sudah_ISBN-316-321.pdf (475.75K)

Word count: 2527

Character count: 14438

Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Crossflow Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Bilah Hibrid Cross Flow Dan Savonius Tipe J Pada Kondisi Angin Lapangan

Indra Herlamba Siregar^{1*)}, Wahyu Dwi Kurniawan²

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya. indrasiregar@unesa.ac.id

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya. wahyukurniawan@unesa.ac.id

*) Alamat Korespondensi: Email: indrasiregar@unesa.ac.id

ABSTRAK

Indonesia adalah negara yang terletak dikatulistiwa sehingga arah angin berubah ubah dengan kecepatan angin rendah rata rata 2-6 m/s. Oleh karena itu perlu melakukan pengembangan turbin angin sumbu vertikal untuk mengubah energi angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros yang digunakan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi bilah crossflow dan bilah savonius tipe J atau bilah hybrid dalam susunan dua tingkat terhadap kinerja yang dihasilkan turbin angin. Parameter penelitian merupakan variasi jumlah bilah crossflow sebesar 6, dan 12 sedangkan jumlah bilah savonius tipe J tetap yaitu 2. Hasil penelitian memaparkan bahwa kombinasi terbaik adalah jumlah bilah cross flow 12 dengan bilah Savonius tipe J pada kecepatan 6,21 m/s mampu menghasilkan daya listrik 20,36 Watt dengan tingkat efisiensi sebesar 7,08 %.

Kata kunci: Energi angin, bilah cross flow, bilah savonius tipe J, Daya listrik dan Efisiensi

ABSTRACT

Indonesia is a country located on the equator so that the direction of the wind changes with an average low wind speed of 2-6 m / s. Therefore it is necessary to develop vertical axis wind turbines to convert wind energy into mechanical energy in the form of rotation of the shaft used to rotate the generator to generate electrical energy. This study goals to determine the effect of crossflow blades and J type savonius blades or hybrid blades in a two-stages arrangement of wind turbine performance. The research parameters were variations of number of cross flow blades of 6, and 12 while the number of fixed type J blades was 2. The results revealed that the best combination was the number of cross flow blades 12 with the Savonius Type J blade at a speed of 6.21 m / s capable of generating electrical power 20.36 Watt with efficiency 7.08%.

Key Words: Wind energy, cross flow blades, J type savonius blades, power and efficiency

1. PENDAHULUAN

Angin adalah salah satu sumber energi yang sifatnya terbaharukan dan ramah lingkungan dimana Indonesia dengan garis pantai sepanjang 80.791,42 km merupakan wilayah potensial untuk pengembangan energy angin dengan kecepatan angin rata-rata dipesisir pantai Indonesia secara umum antara 3 m/detik hingga 6,3 m/detik, diperkirakan total potensi energi angin mencapai 9 GW (PEU, 2006).

Letak geografis Indonesia sebagai negara tropis menyebabkan karakteristik angin di Indonesia sangat berbeda dengan karakteristik angin di negara-negara maju yang telah memanfaatkan angin sebagai sumber energinya antara lain arah angin yang sering berubah-ubah, dimana kondisi ini menyebabkan kesinambungan produksi energi dari turbin angin sumbu horizontal terganggu karena rotor turbin harus selalu berhadapan dengan datangnya arah angin (Anonim, 2013), hal ini tidak dijumpai pada turbin

angin sumbu vertikal dimana turbin jenis ini bergerakanya tidak tergantung dari arah angin oleh karena itu diperlukan pengembangan turbin angin sumbu vertikal sebagai peralatan yang mengekstrak energi angin sangatlah urgen. Ada dua tipe turbin angin sumbu vertikal yaitu tipe drag yang biasa dikenal dengan turbin angin Savonius dan tipe lift yang biasa dikenal dengan turbin angin Darrieus (Tian HJ,2006).

Pada akhir-akhir banyak penelitian yang dilakukan terkait dengan turbin angin savonius, yang terklasifikasi dengan dimensi bilah, profil bilah, *multi stage*, *end plates* dan pemanfaatan peralatan tambahan untuk meningkatkan daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin berbasis savonius.

Aspek rasio pada turbin angin savonius yang merupakan perbandingan tinggi dan diameter bilah, dimana semakin besar perbandingan aspek rasio semakin rendah kerugian akibat pengaruh dari ujung bilah dari penelitian aspek rasio 4 menghasilkan efisiensi terbaik untuk bilah savonius konvensional

(Saha, 2008), namun dengan memperhatikan stabilitas struktur maka aspek ratio pada turbin angin savonius adalah lebih kecil 1,5 (akwa, 2012).

Overlap rasio pada turbin angin savonius adalah perbandingan jarak antara bilah dengan diameter bilah savonius (lihat gambar 3.b) yang terbaik pada rentang nilai overlap rasio 0,2 sampai dengan 0,3 (Fujisawa, 1992)

Pengaruh jumlah bilah pada turbin angin savonius telah banyak diteliti baik oleh Mahmoud dkk (2012), Ali (2013), Fitrandi dkk (2014) dan ²Penelitian mereka memaparkan bahwa semakin banyak jumlah bilah pada turbin angin savonius berdampak terhadap penurunan kinerja turbin dan jumlah bilah 2 yang adalah jumlah yang menghasilkan kinerja turbin yang terbaik.

Penelitian terhadap bentuk geometris bilah dari turbin angin savonius yang bertujuan meningkatkan kinerja turbin telah banyak dilakukan oleh para peneliti antara lain Modi VJ dkk (1989), Kamoji dkk (2009), Kacprzak (2013) dan Tartuferi (2015) yang memodifikasi bentuk kurva dasar bilah yang ditemukan oleh Savonius. Kamoji dkk (2009) dan Damak (2013) melakukan *twist* pada bilah dasar turbin angin Savonius. Sedangkan Hasan (2013) mengajukan desain penambahan elliptical fin untuk bilah turbin savonius.

Penelitian pengaruh jumlah tingkat terhadap turbin angin savonius dengan bilah standard jumlah bilah dua peringkat Hayasi dkk (2005), Kamoji dkk (2008), Jian dkk (2012) dan Chen dkk (2016). Sedangkan Kamoji dkk (2011) meneliti dengan bilah termodifikasi Untuk Kumbnuss dkk (2012) meneliti dengan bilah standard jumlah bilah tiga peringkat.

Untuk meningkatkan kinerja turbin angin Savonius banyak peneliti menambahkan peralatan untuk mempercepat aliran angin menerpa bilah baik dalam bentuk box Irabu dkk (2007) maupun circular Fitrandi dkk (2015), Altan dkk (2010) mengarah arah aliran menuju *advancing bilah* yang bertujuan menambah daya dorong dan menghalangi aliran ke *returning bilah* agar daya hambat berkurang, sedangkan Mohamed (2011) dan Golecha (2011) hanya menambahkan pengganggu (*obstacle*) di depan *returning bilah* untuk mengurangi daya hambat.

Dari uraian diatas yang berkaitan hasil-hasil penelitian terdahulu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin angin

savonius tipe J dua tingkat pada kondisi angin lapangan dengan variasi perubahan sudut lengkung bilah.

2. PARAMETER KINERJA TURBIN ANGIN

Agar data-data hasil pengujian dapat dianalisa dan dipaparkan dalam bentuk grafik, perlu kiranya dijabarkan parameter kinerja turbin angin yaitu

1. **Daya Angin** adalah energi per satuan waktu dari udara yang bergerak dengan kecepatan tertentu yang diformulasikan sebagai berikut:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho S U^3 \dots\dots\dots (1)$$

2. **Daya Generator** adalah energi per satuan waktu yang dapat dihasilkan oleh yang diformulasikan sebagai berikut :

$$P_g = V . I \dots\dots\dots (2)$$

dimana V adalah tegangan dan I arus listrik yang dihasilkan oleh generator.

3. **Effisiensi Overall Turbin Angin** adalah suatu nilai yang menunjukkan rasio daya yang dihasilkan oleh generator dengan daya angin diformulasikan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_g}{P_w} \dots\dots\dots (3)$$

4. **Tip Speed Ratio** adalah perbandingan kecepatan di ujung bilah turbin (*tip*) dengan kecepatan udara yang diformulasikan sebagai berikut :

$$TSR = \frac{\omega R}{U} \dots\dots\dots (4)$$

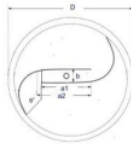
3. METODOLOGI PENELITIAN

2. Variabel-Variabel Penelitian

Penelitian bertujuan menganalisis hubungan antara variabel bebas yang diujikan dan variabel respon yang kemudian dianalisa setelah itu hasil analisa disajikan dalam bentuk gambar ataupun paparan adapun variable-variable tersebut diklasifikasikan menjadi tiga, antara lain:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variasi perlakuan yang diberikan pada turbin angin, dimana pada penelitian ini variable bebasnya adalah variasi jumlah bilah crossflow 6,8 dan 12.



Gambar 1. Profile bilah savonius tipe J s flow pada tingkat pertama



Gambar 2. Profile bilah cross flow pada tingkat kedua

2. Variabel Terikat adalah variable hasil, untuk penelitian ini variabel terikatnya adalah daya dan Effisiensi Overall turbin angin.
3. Variabel Kontrol adalah sesuatu yang dikontrol agar penelitian tetap fokus pada masalah yang diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah model turbin angin yang dimensinya dapat dilihat pada tabel 1.

Peralatan dan Instrumen Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan sekarang spesifikasi model turbin angin dapat dilihat pada tabel 2.

Pengambilan data merupakan suatu proses penting untuk mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur adalah putaran poros turbin angin, kecepatan angin, tegangan dan arus generator. Untuk mendapatkan data-data tersebut diperlukan peralatan dan alat ukur serta prosedur pengujian. Adapun model turbin angin yang diujikan dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 1. Dimensi geometris model turbin angin

Profile Bilah	J
Jumlah Bilah/tingkat	2
Panjang Bilah, [m]	0,5
Tinggi Bilah, [m]	1
Bahan	Besi Tuang
Tebal Plat, [mm]	0,8
Profile Bilah	U
Jumlah Bilah/tingkat	6,8,dan 12
Panjang Tali Busur, [m]	0,2
Tinggi Busur [m]	0,1
Bahan	Besi Tuang
Tebal Plat, [mm]	0,5
Diameter Rotor, [m]	1

Diameter pulley turbin, [m]	0,3
Diameter pulley generator, [m]	0,05
Luas sapuan (S), m ²	2

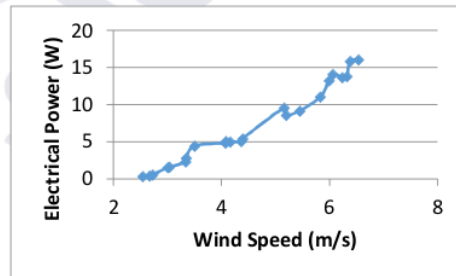
Penelitian dilakukan pada kondisi angin nyata di lapangan.



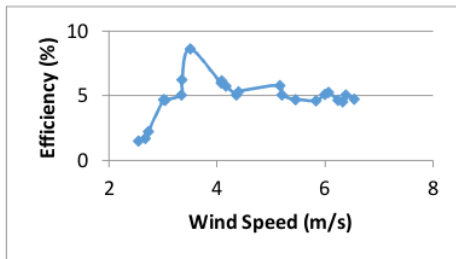
Gambar 3. Model turbin angin dilapangan 3.3.

4. PEMBAHASAN

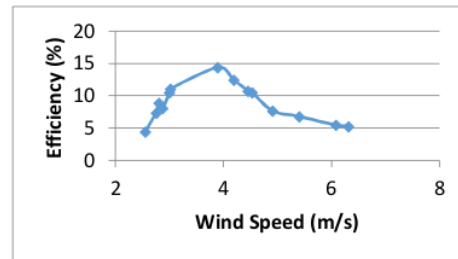
Hasil penelitian memaparkan bahwa untuk jumlah bilah crossflow 6 gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Hubungan Daya listrik yang dihasilkan dengan kecepatan angin untuk kombinasi 6 bilah crossflow dan 2 bilah savonius tipe J



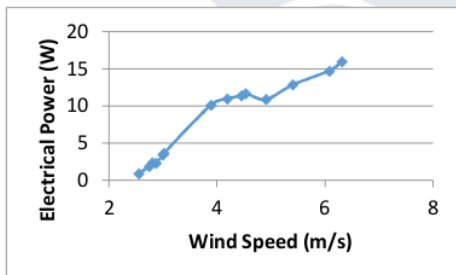
Gambar 5. Hubungan Effisiensi yang dihasilkan dengan kecepatan angin untuk kombinasi 6 bilah crossflow dan 2 bilah savonius tipe J



Gambar 7. Hubungan Effisiensi yang dihasilkan dengan kecepatan angin untuk kombinasi 8 bilah crossflow dan 2 bilah savonius tipe J

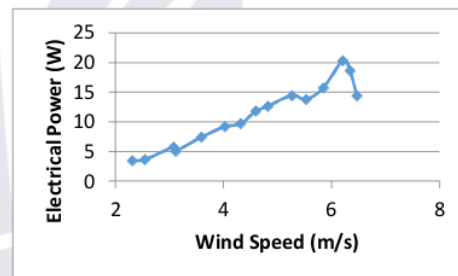
Untuk bilah hybrid yang merupakan kombinasi bilah crossflow 6 dan dua bilah savonius tipe J terlihat bahwa daya listrik yang dihasilkan meningkat seiring meningkatnya kecepatan angin dengan daya maksimum sebesar 16 W pada kecepatan 6,54 m/s. Sedangkan efisiensi maksimum yang diperoleh sebesar 8,64 % pada kecepatan angin 3,5 m/s dengan daya listrik yang diperoleh sebesar 4,4 W.

Bilah hybrid dengan kombinasi jumlah bilah crossflow 8 dan dua bilah savonius tipe J menghasilkan daya listrik yang kecenderungannya meningkat seiring meningkatnya kecepatan angin dengan daya maksimum sebesar 16 W pada kecepatan 6,31 m/s lihat gambar 6. Sedangkan efisiensi maksimum yang diperoleh sebesar 14,37 % pada kecepatan angin 3,89 m/s dengan daya listrik yang diperoleh sebesar 10,15 W lihat gambar 7.



Gambar 6. Hubungan Daya listrik yang dihasilkan dengan kecepatan angin untuk kombinasi 8 bilah crossflow dan 2 bilah savonius tipe J

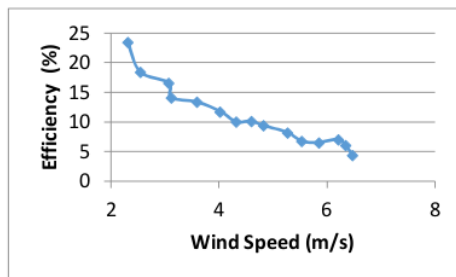
Sedangkan bilah hybrid yang merupakan kombinasi bilah crossflow 12 dan dua bilah savonius tipe J terlihat bahwa daya listrik yang dihasilkan meningkat seiring meningkatnya kecepatan angin dengan daya maksimum sebesar 20,62 W pada kecepatan 6,21 m/s setelah itu peningkatan kecepatan angin menyebabkan daya yang dihasilkan turun lihat gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Daya listrik yang dihasilkan dengan kecepatan angin untuk kombinasi 12 bilah crossflow dan 2 bilah savonius tipe J

Hal ini di duga akibat jumlah bilah cross flow yang banyak pada kecepatan tinggi aliran udara yang melintasi bilah crossflow lebih banyak mengalir di sisi luar turbin.

Effisiensi pada kombinasi ini cenderung terus menurun seiring bertambahnya kecepatan dengan efisiensi maksimum yang diperoleh pada kombinasi ini sebesar sebesar 23,5 % pada kecepatan angin 2,31 m/s dengan daya listrik yang diperoleh sebesar 4,4 W lihat gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Effisiensi yang dihasilkan dengan kecepatan angin untuk kombinasi 12 bilah crossflow dan 2 bilah savonius tipe J

5. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk turbin angin sumbu vertikal dengan bilah hibrid yang merupakan kombinasi bilah crossflow dan savonius tipe J sebagai berikut:

- Effisiensi tertinggi turbin angin pada kecepatan angin rendah 2,31 m/s sebesar 23,5 % untuk jumlah bilah crossflow 12 dan jumlah bilah savonius tipe J 2.
- Daya listrik tertinggi yang dihasilkan turbin angin pada kecepatan angin 6,21 m/s sebesar 20,62 W untuk jumlah bilah crossflow 12 dan jumlah bilah savonius tipe J 2.

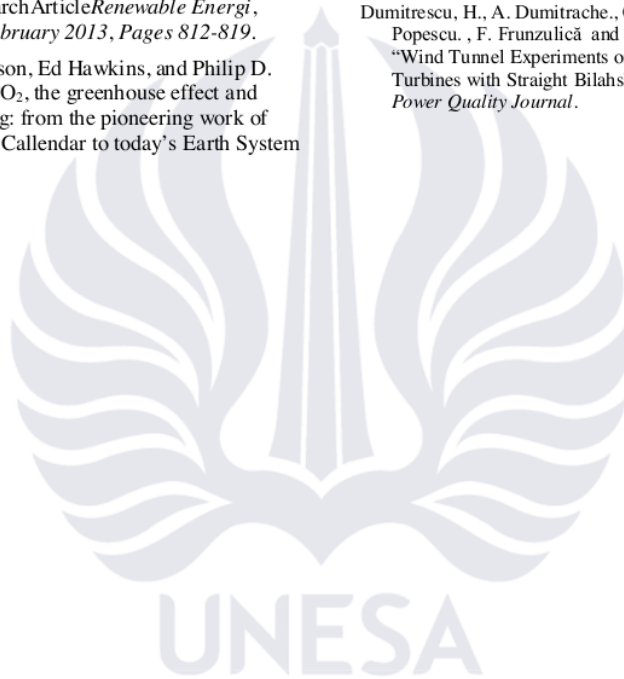
UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Surabaya yang telah mendukung secara finansial penelitian ini melalui skema hibah Bersaing dari dana desentralisasi BOPTN 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- PEU, 2006, Wind Energy Country Analyses Indonesia (Online) (https://energypedia.info/wiki/Wind_Energy_Country_Analyses_Indonesia diakses 13 agustus 2016).
- Anonim, 2013, Kompatibilitas dengan karakteristik angin di Indonesia, <http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energy/3588-kompatibilitas-dengan-arah-angin-yang-sering-berubah-ubah.html>
- Tian HJ, Wang TL and Wang Y, 2006, Summarize of the development of the vertical axis wind turbine. Appl Energy Resource Technology; 11: 22–27.
- Altan, B. D., Atılgan, M., 2010, The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors, Renewable Energi 35 (2010) 821–829.
- Anonim, General Review, http://www.bi.go.id/en/publikasi/laporan-tahunan/perekonomian/Documents/General_Review.pdf, diakses 18 Juni 2016.
- Akwa JV, Vielmo HA, and Petry AP, 2012, A review on the performance of Savonius wind turbines, *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, Vol. 16, No. 5, pp. 3054–3064.
- Fitrandi, Robby Ilham., Siregar, Indra Herlamba., 2014, KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN SAVONIUS 2 DAN 3 BILAH DENGAN MENGGUNAKAN BANTUAN GUIDE VANE, *Jurnal Teknik Mesin* Vol 2, No 02. 125-131.
- Kamoji, M., Kedare, S., Prabhu, S., 2009, Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor, *Applied Energi* 86, 1064–1073.
- Kamoji, M., Kedare, S., Prabhu, S., 2008, Experimental investigations on Two and Three stage modified Savonius rotor, *International Journal of Energy Research*, No.32, 877–895.
- Jian, C., Chen, L., Nie, L., Xu, H., Mo, Y., 2016, Experimental study of two-stage Savonius rotors with different gap ratios and phase shift angles, *Journal of Renewable and Sustainable*, Vol.8, 063302-1-063302-16.
- Kumbnuss, J., Chen, J., Yang, H., Lu, L., 2012, Investigation into the relationship of the overlap ratio and shift angle of double stage three bladed vertical axis wind turbine (VAWT), *Journal Wind*

- Engineering and Industrial. Aerodynamics 107–108 (2012) 57–75.
- Irabu, K., Roy, J., 2007, Characteristics of wind power on Savonius rotor using a guide-box tunnel Experimental Thermal and Fluid Science 32 (2007) 580–586.
- Pusdatin ESDM, 2011, *Indonesia Energi Outlook 2010 ey Indicator of Indonesia Energi and Mineral Resources*. (Online) (www.esdm.go.id/publikasi/statistik/doc_download/487-key-indicator-of-indonesia-energi-and-mineral-resources.html, diakses pada tanggal 30 Januari 2013).
- Ronit K. Singh, M. Rafiuddin Ahmed, 2013, Bilah design and performance testing of a small wind turbine rotor for low wind speed applications Original Research Article *Renewable Energi*, Volume 50, February 2013, Pages 812–819.
- Thomas R. Anderson, Ed Hawkins, and Philip D. Jones, 2016, CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models, *Endeavour* Volume 40, Issue 3, Pages 178–187.
- WWEA, 2011, The World Wind Energi Report 2011. (Online) (<http://www.wwindea.org/webimages/WorldWindEnergiReport2011.pdf>, diakses pada tanggal 5 Februari 2013).
- Yudha Pratomo, 2012**, Indonesia Pun Bisa Memanen Energi Angin. (Online) (<http://www.hijauku.com/2012/04/10/indonesia-pun-bisa-memanen-angin/> diakses 2 Februari 2013).
- Burçin Deda Altan, Mehmet Atılğan, 2010, The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors, *Renewable Energy* 35: 821–829.
- Dumitrescu, H., A. Dumitrache., C. L. Popescu, M. O. Popescu., F. Frunzulică and A. Crăciunescu. 2014. “Wind Tunnel Experiments on Vertical-Axis Wind Turbines with Straight Bilahs” *Renewable Energy and Power Quality Journal*.



Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Crossflow Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Bilah Hibrid Cross Flow Dan Savonius Tipe J Pada Kondisi Angin Lapangan

ORIGINALITY REPORT

18%
SIMILARITY INDEX

18%
INTERNET SOURCES

0%
PUBLICATIONS

0%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 prosiding.bkstm.org 9%
Internet Source

2 ojs.atmajaya.ac.id 9%
Internet Source

Exclude quotes Off
Exclude bibliography On

Exclude matches < 3%