

UJI EKSPERIMENTAL MODEL TURBIN ANGIN DARRIEUS TIPE H 2 TINGKAT DENGAN KOMBINASI 3 BILAH NACA 0018 DAN 2 BILAH SAVONIUS PER TINGKAT

Frisco Merry Androga

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: androga28@gmail.com

Indra Herlamba Siregar

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

Abstrak

Angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang dikembangkan saat ini. Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Beberapa kelebihan dari energi terbarukan seperti angin adalah: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*). Objek dalam penelitian ini menggunakan turbin angin Darrieus tipe H 2 tingkat dengan kombinasi 3 bilah Naca 0018 dan 2 bilah Savonius per tingkat. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif yaitu menggambarkan hasil penelitian dalam bentuk tabel dan grafik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik daya dan efisiensi model turbin angin Darrieus tipe H 2 tingkat dengan kombinasi 3 bilah Naca 0018 dan 2 bilah Savonius per tingkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi panjang bilah Savonius 60 % mampu menghasilkan daya dan efisiensi yang terbaik, yaitu daya 0.068 Watt pada kecepatan angin 4.5 m/s dan berat beban 354 gr dan efisiensi maksimal 1.34%. Hal ini terjadi karena pada variasi panjang bilah ini, gaya *drag* yang dihasilkan tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil pula. Sehingga daya yang dihasilkan ideal yang tentu akan lebih baik dari variasi panjang yang lain. Maka ada kalanya kondisi dimana gaya *drag* yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil untuk menghasilkan daya dan efisiensi yang paling efektif. Sedangkan untuk *tip speed ratio* (TSR) pada variasi ini mampu menghasilkan 0.12 pada kondisi kecepatan angin 4.5 m/s dan berat beban 250 gr. Pada panjang bilah 80 % mampu menghasilkan daya 0.063 Watt pada kecepatan angin 4.5 m/s dan berat beban 354 gr sedangkan untuk efisiensi terbaik 1.18 pada kecepatan angin 4.5 m/s dan berat beban 354 gr. Sedangkan untuk untuk *tip speed ratio* (TSR) pada variasi ini mampu menghasilkan 0.096 pada kondisi kecepatan angin 4.5 m/s dan berat beban 250 gr. Pada panjang bilah 60 % mampu menghasilkan daya 0.053 pada kecepatan angin 4.5 m/s dan berat beban 354 gr dan untuk efisiensi 0.99% pada kecepatan angin 4.5 m/s dan berat beban 354 gr. Sedangkan untuk untuk *tip speed ratio* (TSR) pada variasi ini mampu menghasilkan 0.072 pada kondisi kecepatan angin 4.5 m/s dan berat beban 250 gr.

Kata kunci : Angin, Turbin Angin, Kombinasi, Darrieus tipe-H, Savonius

Abstract

Wind is one of the renewable energy sources being developed at this time. Wind energy including renewable energy which is defined as the energy that can be produced rapidly back through natural processes. Some of the advantages of renewable energy such as wind are: the source is relatively easy to come by, can be obtained free of charge, minimal waste, does not affect the Earth's temperature globally, and is not affected by fuel price increment. The research was carried out using experimental research methods (*experimental research*). The object in this study using a Darrieus wind turbine type H 2 levels with 3 blade combination Naca 0018 Savonius turbine blades and 2 per level. Technique of data analysis in this study uses descriptive data analysis i.e. describe research results in the form of tables and charts. The purpose of this research was to knowing the characteristics of power and efficiency model of Darrieus wind turbine type H 2 levels with 3 blade combination Naca 0018 Savonius turbine blades and 2 per level. The results showed that the variation of the length of the blades of the Savonius 60% capable of producing power and the best efficiency, i.e. power 0.068 Watts on wind speed of 4.5 m/s and the heavy burden of 350 gr and 1.34% maximum efficiency. This happens because in this bar length variation, style of drag that is produced is not too big and not too small anyway. So the ideal generated power will certainly be better than the other length variation. Then there are times when a condition where a drag style not too big and not too small to generate power and efficiency are the most effective. As for the tip speed ratio (TSR) on these variations capable of producing 0.12 on conditions wind speed of 4.5 m/s and a heavy load of 250 gr. on the length of the bar 80% capable of generating power in Watt 0.063 wind speed of 4.5 m/s and the heavy burden of 350 gr while for best efficiency 1.18 at wind speed of 4.5 m/s and the heavy burden of 350 Gr. for a while for the tip speed ratio (TSR) in 0.096 was able to produce these variations on the conditions of wind speed of 4.5 m/s and the weight of a load of 250 gr. On

long blades capable of generating 60% power 0.053 on wind speed of 4.5 m/s and the heavy burden of 350 gr and to the efficiency of 0.99% in wind speed of 4.5 m/s and the heavy burden of 350 Gr. for a while for the tip speed ratio (TSR) on these variations capable of producing 0.072 on conditions of wind speed of 4.5 m/s and a heavy load of 250 gr.

Keyword : Wind, Wind Turbine, Combination, Darrieus type-H, Savonius

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan manusia energi adalah salah satu kebutuhan elementer. Kebutuhan energi masyarakat Indonesia khususnya dan dunia pada umumnya terus meningkat seiring pula dengan bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi itu sendiri. Sedangkan hal tersebut berbanding terbalik dengan jumlah energi fosil yang sangat terbatas dan terus menipis. Energi fosil itu sendiri selama ini kita kenal merupakan sumber energi utama dalam memenuhi kebutuhan akan energi masyarakat, terutama sebagai sumber energi pembangkit listrik.

Dalam penggunaan energi fosil itu sendiri memiliki beberapa dampak negatif, baik dari segi lingkungan ataupun dari segi perekonomian negara. Bagi lingkungan, pemakaian energi fosil dapat mencemari udara dan pemanasan global yang pada akhirnya akan menyebabkan rusaknya lingkungan. Bagi perekonomian negara, penggunaan energi fosil yang tidak mampu memenuhi kebutuhan energi nasional mengakibatkan Indonesia harus impor minyak pada tahun 2014 tercatat sebesar 32 juta kiloliter (Agung W.K, 2014), dimana hal ini berimplikasi terhadap cadangan devisa negara.

Berdasarkan data statistika, Indonesia menjadi negara importir minyak ke-2 terbesar di dunia dan sejalan dengan waktu dipastikan akan menjadi yang terbesar di dunia. Saat ini 60% kebutuhan minyak bumi dalam negeri dipenuhi melalui impor dari negara lain. Hal ini dikarenakan tingginya konsumsi yang tidak dibarengi dengan produksi yang ada. Dan apabila tidak dilakukan langkah-langkah antisipasi, maka Indonesia akan terus menjadi negara importir minyak (Pustadin ESDM, 2015).

Menurut PP No. 79 tahun 2014 angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang dikembangkan saat ini. Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Beberapa kelebihan dari energi terbarukan seperti angin adalah: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar.

Indonesia sendiri adalah negara kepulauan yang memiliki sekitar 17.500 pulau dengan garis pantai sepanjang 80.791,42 km yang merupakan wilayah berpotensi tinggi untuk mengembangkan Pembangkit

Listrik Tenaga Angin (PLTA). Indonesia memiliki potensi energi angin yang sangat besar yaitu 9,3 GW dan total yang baru terpasang sekarang ini sekitar 0,5 MW (Daryanto, 2007).

Perkembangan pemanfaatan energi angin di Indonesia masih tergolong rendah. Penyebabnya adalah arah berhembusnya angin Indonesia yang selalu berubah-ubah dan kecepatan angin Indonesia yang terbilang rendah yaitu antara 3 m/s sampai 5 m/s sehingga akan sulit untuk menghasilkan energi listrik dengan jumlah skala besar. Hal ini di sebabkan letak geografis Indonesia sebagai negara tropis (Yudha Partomo, 2012). Dimana pada kondisi ini produksi energi dari turbin angin horizontal axis terganggu karena rotor pada turbin harus selalu berhadapan dengan datangnya arah angin. Akan tetapi hal tersebut tidak berpengaruh pada turbin angin vertikal axis, dimana turbin jenis ini bergerakaknya tidak tergantung dari arah angin dan dapat bekerja pada kecepatan angin lebih kecil dari 3 m/s. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga masih mungkin untuk mengembangkan pembangkit listrik skala kecil.

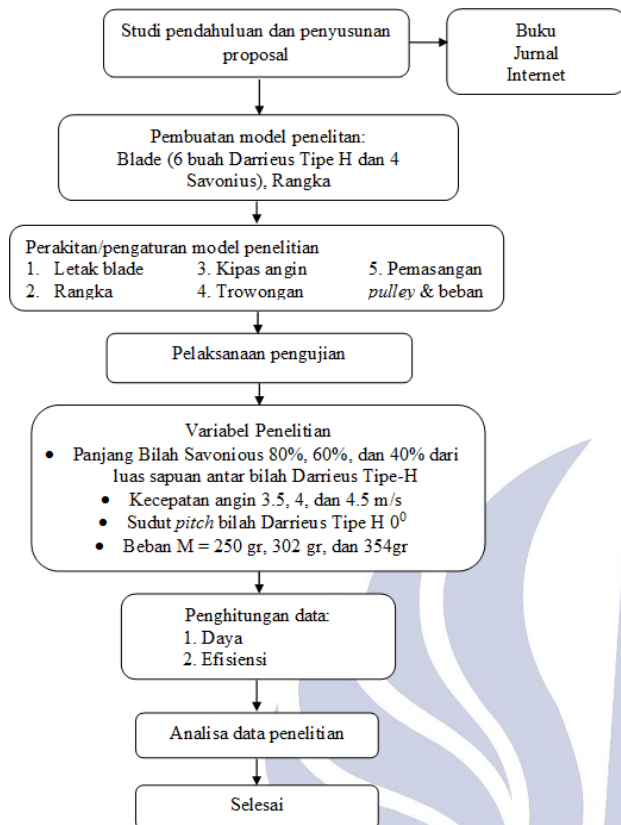
Konstruksi turbin angin vertical axis memiliki beberapa kelebihan daripada horizontal axis yaitu bisa menyerap potensi angin dari segala arah, bekerja pada kecepatan rendah, konstruksi sederhana dan tidak memerlukan tempat pemasangan yang begitu luas serta menghasilkan momen yang besar. Hal ini sangat cocok dengan karakteristik angin Indonesia yang selalu berubah-ubah secara tidak teratur dengan kecepatan angin yang terbilang relatif kecil. Hal inilah yang menjadikan peneliti dalam mempertimbangkan memilih turbin angin jenis vertical axis sebagai analisa prestasi turbin angin pada kondisi tersebut. Selain itu noise yang dihasilkan oleh turbin angin sumbu vertical axis lebih kecil daripada noise yang dihasilkan oleh turbin angin horizontal axis.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik daya dan efisiensi turbin angin, menggunakan model Turbin Angin Darrieus Tipe H 2 Tingkat Dengan Kombinasi 3 Bilah Naca 0018 Dan 2 Bilah Savonius Per Tingkat.

Manfaat penelitian adalah Sebagai informasi untuk menambah pengetahuan kepada masyarakat tentang pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik.

METODE

Rancangan Penelitian

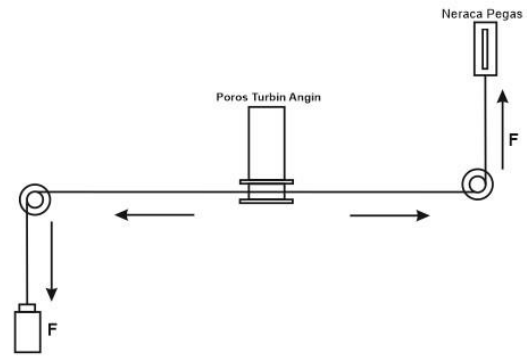


Gambar 1. Rancangan Penelitian

Variabel-Variabel Penelitian

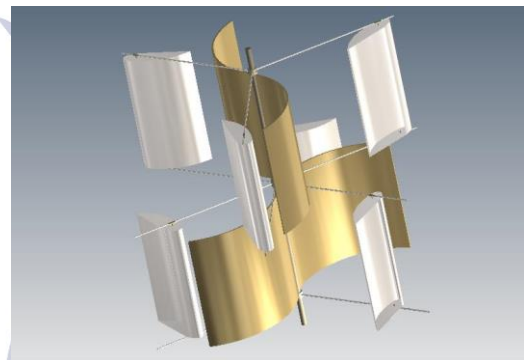
Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga, antara lain:

- Variabel Bebas adalah variasi perlakuan yang diberikan pada turbin angin dimana pada penelitian ini adalah variabel bebasnya adalah variasi panjang bilah Savonius 80%, 60%, dan 40% dari luas sapuan antar bilah Darrieus Tipe H. Kecepatan angin 3.5 m/s, 4 m/s, dan 4.5 m/s.
- Variabel Terikat adalah variabel hasil, untuk penelitian ini variabel terikatnya adalah daya dan koefisien kinerja turbin angin sumbu vertikal.
- Variabel Kontrol adalah sesuatu yang dikontrol agar penelitian tetap fokus pada masalah yang diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jumlah bilah Naca 0018 3 buah dan bilah Savonius 2 buah, variasi beban, dan sudut *pitch* 0°.



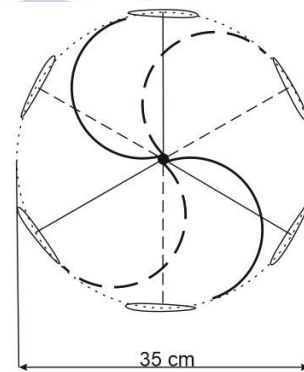
Gambar 2. Skema Pengereman Tali pada Poros Turbin Angin

Tampak desain 3D turbin terlihat seperti gambar 3:



Gambar 3. Desain 3D turbin

Adapun tampak atas luas sapuan antar bilah terlihat seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Tampak Atas Luas Sapuan

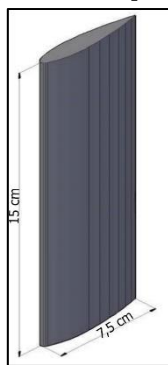


Gambar 5. Rangkaian Instrumen Penelitian

Sedangkan peralatan yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain :

- Anemometer
Merk : Krisbow KW06-562
Unit : m/S, Km/h, knot
- Tachometer
Merk : Krisbow
Unit : m/min, rpm
- Terowong Angin tipe sub sonic open circuit dengan luas penampang 2025 cm².
- Kipas Angin
Merk : Krisbow
- Honey Comb
- Neraca Pegas
Unit : 10 Newton
- Anak timbangan

Pada pengujian kali ini bilah Darrieus Tipe-H yang digunakan NACA 0018 PVC dengan dimensi panjang chord 7,5 cm dan panjang span 15 cm seperti terlihat pada gambar 6.

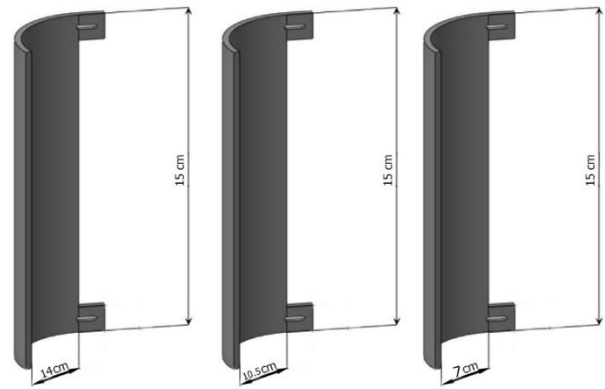


Gambar 6. Bilah NACA 0018

Sedangkan bilah Savonius yang digunakan berbahan aluminium dengan tebal 1 mm dengan dimensi panjang span 15 cm, dan variasi panjang chord seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Rancangan Turbin Savonius

Bilah Savonius	Panjang Bilah
Bilah Savonius 1	$35 \times 80\% = 28 \text{ cm}$
Bilah Savonius 2	$35 \times 60\% = 21 \text{ cm}$
Bilah Savonius 3	$35 \times 40\% = 14 \text{ cm}$



Gambar 7. Variasi Bilah Savonius

Prosedur Penelitian

Tahap Persiapan:

- Menyusun/membuat rangkaian objek penelitian seperti pada gambar 5.
- Menyiapkan peralatan dan instrumen penelitian, yaitu anemometer dan tachometer.
- Menyiapkan beberapa variasi beban yang digunakan pada pengujian.

Tahap Percobaan:

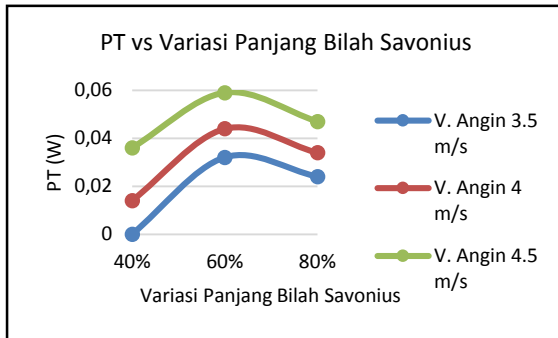
- Menghidupkan kipas angin, lalu mengatur kecepatan angin pada kipas angin.
- Kemudian dilakukan pengecekan kecepatan angin dengan anemometer, pengecekan dilakukan setelah angin melewati lorong angin. Variasi kecepatan angin yang digunakan 3.5 m/s, 4 m/s, 4.5 m/s.
- Atur sudut pitch turbin angin Darrieus Tipe-H pada 00.
- Pengukuran suhu, dan relative humidity menggunakan Hygrometer.
- Pengamatan mulai dilakukan dengan memberi beban yang telah dipersiapkan pada tali di pulley. Variasi beban yang digunakan yaitu 250 gram, 302 gram, dan 354 gram. Pengamatan dilakukan hingga neraca pegas tidak lagi mengalami penambahan. Pada saat itu kita ukur berapa beban yang terbaca pada neraca pegas. Maka dapat dihitung berapa selisih beban antar pemberat dengan beban pada neraca pegas, kemudian melakukan perhitungan besar daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin angin ini.
- Ukur putaran pada turbin menggunakan tachometer.

- Melakukan pencatatan data yang meliputi , kecepatan angin, putaran turbin, dan beban.
- Mengulangi langkah percobaan 2 – 4. Hingga tiga kali.

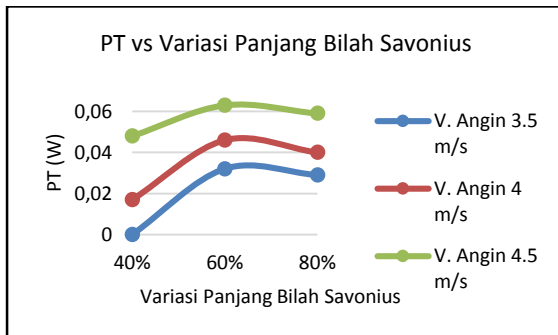
HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya turbin adalah daya yang dihasilkan oleh turbin angin setelah mengekstrak energi dari udara yang bergerak yang mengenai turbin dimana hasilnya dapat dilihat mulai gambar 8 sampai 10.

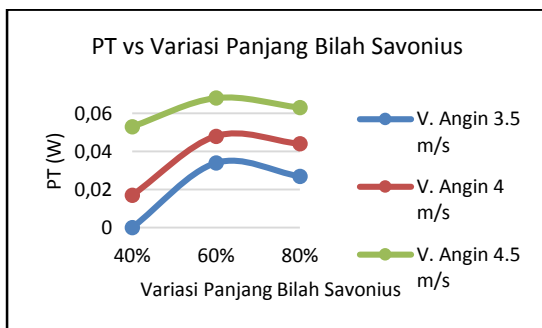
$$P_T = T \omega \quad (1)$$



Gambar 8. Perbandingan Daya Turbin dengan Variasi Panjang Bilah Savonius pada Beban 250 gr.



Gambar 9. Perbandingan Daya Turbin dengan Variasi Panjang Bilah Savonius pada Beban 302 gr.



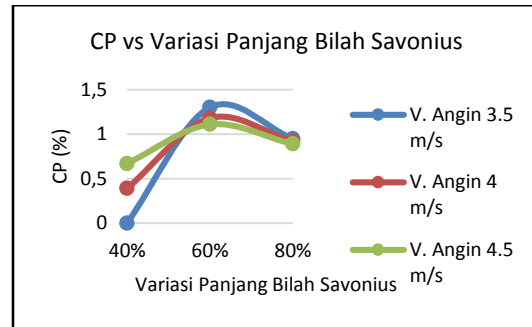
Gambar 10. Perbandingan Daya Turbin dengan Variasi Panjang Bilah Savonius pada Beban 354 gr.

Koefisien Unjuk Kerja Turbin (Cp)

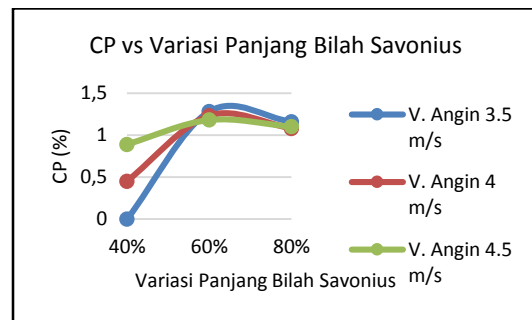
Koefisien unjuk kerja turbin adalah parameter yang menunjukkan seberapa besar potensi daya angin yang bisa

diekstrak oleh turbin, dimana hasilnya dapat dilihat mulai gambar 11 sampai 12.

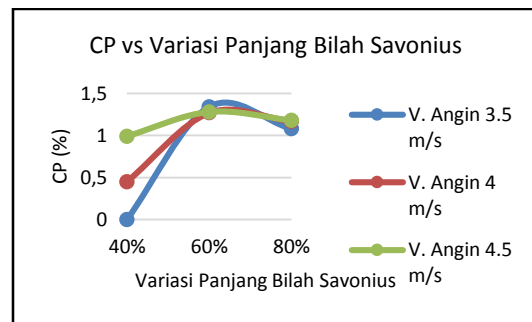
$$Cp = \frac{P_T}{P_w} \quad (2)$$



Gambar 11. Perbandingan Efisiensi Turbin dengan Variasi Panjang Bilah Savonius pada Beban 250 gr.



Gambar 12. Perbandingan Efisiensi Turbin dengan Variasi Panjang Bilah Savonius pada Beban 302 gr.



Gambar 12. Perbandingan Efisiensi Turbin dengan Variasi Panjang Bilah Savonius pada Beban 354 gr.

Pembahasan

Dari gambar 7 sampai 9 terlihat bahwa variasi panjang bilah Savonius 60% mampu menghasilkan daya yang lebih baik dari variasi yang lainnya. Hal ini dikarenakan gaya drag yang dihasilkan tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil pula. Sehingga daya yang dihasilkan ideal yang tentu akan lebih baik dari variasi panjang yang lain. Maka ada kalanya kondisi dimana gaya drag yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil untuk menghasilkan daya dan efisiensi yang paling efektif.

Pada variasi panjang bilah Savonius 80 % terjadi penurunan daya karena semakin panjang bilah Savonius,

gaya drag yang dihasilkan akan semakin besar pula. Maka aliran yang melewati bilah memiliki sapuan yang besar yang akan menyebabkan tabrakan aliran udara secara frontal akan lebih besar pula. Hal ini yang akan mengakibatkan hambatan pada bilah yang tentu saja akan menyebabkan menurunnya daya turbin.

Pada variasi panjang bilah 60% adalah variasi dimana menghasilkan daya yang paling rendah karena semakin pendek bilah Savonius, gaya drag yang dihasilkan akan semakin kecil pula. Maka aliran yang melewati bilah memiliki sapuan yang kecil yang akan menyebabkan tabrakan aliran udara secara frontal akan lebih kecil pula. Hal ini yang akan menyebabkan daya yang kecil.

PENUTUP

Simpulan

Dari analisa yang telah dibahas pada bab sebelumnya tentang karakteristik turbin angin Darrieus Tipe H 2 Tingkat dengan kombinasi 3 bilah Naca 0018 dan 2 bilah Savonius per tingkat, dapat disimpulkan:

- Daya maksimal yang dihasilkan turbin angin Darrieus Tipe H 2 Tingkat dengan kombinasi 3 bilah Naca 0018 dan 2 bilah Savonius per tingkat adalah 0.068 Watt pada beban 354 gr dengan panjang bilah Savonius 60%.
- Efisiensi maksimal yang dihasilkan dari turbin angin angin Darrieus Tipe H 2 Tingkat dengan kombinasi 3 bilah Naca 0018 dan 2 bilah Savonius per tingkat adalah 1.34%.

Saran

Perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai simulasi turbin angin *vertical axis* menggunakan *software* seperti CFD, agar bisa dibandingkan hasil perolehan datanya apakah selisih terlampaui jauh ataukah sama.

Selain itu dapat diteliti menggunakan variasi kecepatan angin dan beban yang lebih beragam, karena kemungkinan dapat menghasilkan daya yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Abid, M. dkk. 2015. *Design, Development and Testing of a Combined Savonius and Darrieus Vertical Axis Wind Turbine*. Pakistan: Faculty of Electrical Engineering, Ghulam Ishaq Khan Institute of Engineering Sciences and Technology.

Anonim, *Kompatibilitas dengan karakteristik angin di Indonesia*, (<http://www.alpensteel.com/article/53-101-energi-terbarukan--renewable-energy/3588-kompatibilitas-dengan-arah-angin-yang-seringberubah-ubah.html>, diakses pada tanggal 17 April 2015).

Anonim. 2015. *Turbin Angin*. (Online) (http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin, diakses pada tanggal 30 Maret 2015).

BMKG. 2015. *Prakiraan Angin*. (Online) (http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/, diakses pada 17 April 2015).

Daryanto, Y. 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Baru*. Yogyakarta: Balai PPTAAG

Fang Feng, dkk. *Torque Characteristic Simulation on Small Scal Combined Type Vertical Axis Wind Turbine*. China: Northeast Agricultural University.

G.Gawade, Shrikant., D.S. Patil. 2015. *Comparative Study of a Single Stage Savonius with a Combined Savonius-Three Bladed Darrieus*. Pune: G.H. Raison College of Engineering Wagholi.

Gupta.R., A. Biswas., dan K.K. Sharma. 2008. *Comparative study of a three-bucket Savonius rotor with a combined three-bucket Savonius-three-bladed Darrieus rotor*. India: Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology.

Herlamba S, Indra. 2007. *"Mesin Konversi Energi"*. Surabaya: Unipress.

Herlamba S, Indra., Nur Kholis., dan Aris Anshori. 2012. *Komparasi Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dua Tingkat dengan Bilah Profile Modified Naca 0018 dengan dan Tanpa Wind Deflector*. Surabaya: Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya.

K. Napitupulu, Ekawira. 2013. *Uji Performansi Turbin Angin Tipe Darrieus-H Dengan Profil Sudu Naca 0012 Dan Analisa Perbandingan Efisiensi Menggunakan Variasi Jumlah Sudu Dan Sudut Pitch*. Medan: Universitas Sumatra Utara.

Kencono W, Agung. 2014. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta: Dinas Energi Sumber Daya Mineral (DESDM).

Nugrohoadi. 2008. *Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia*. (Online) (<https://nugrohoadi.wordpress.com/2008/05/03/pembangkit-listrik-tenaga-angin-di-indonesia/>, diakses pada 17 April 2015).

Pustadin ESDM. 2015. *Impor BBM Kita No 2 Terbesar Di Dunia*. (Online) (<http://www.esdm.go.id/berita/migas/40-migas/7232-mesdm--impor-bbm-kita-no-2-terbesar-di-dunia.html>, diakses pada tanggal 17 April 2015).

Rassoulinejad-Mousavi, S.M., M. Jamil., dan M. Layeghi. 2013. *Experimental Study of a Combined Three Bucket H-Rotor with Savonius Wind Turbine*. Iran: University of Tehran.

Sharma, K.K. dkk. 2013. *Performance Measurement of a Three-Bladed Combined Darrieus-Savonius Rotor*. India: Department of Mechanical Engineering NIT Silchar.