

PENGARUH RASIO LUAS BLADE UTAMA DENGAN BLADE PENGGANGGU TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS

Muti Anggon Pribadi

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

Indra Herlamba Siregar

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

Abstrak

Kebutuhan energi akan terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri. Sampai saat ini peran sumber daya energi fosil seperti minyak bumi dan batubara yang merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Perlu adanya pemanfaatan sumber daya energi lain yang baru dan terbarukan. Angin merupakan salah satu sumber daya energi terbarukan yang secara cepat dapat di produksi kembali oleh alam. Turbin angin merupakan alat yang dapat mengkonversi energi angin menjadi energi gerak dan menghasilkan listrik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Teknik analisa data dalam penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif yaitu menggambarkan hasil penelitian secara grafis dalam tabel, histogram, dan grafik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio luas *blade* utama dengan *blade* pengganggu. Turbin angin yang digunakan dalam penelitian ini memiliki diameter 30 cm dan ketinggian 30 cm, Sedangkan variasi rasio luas *blade* utama dengan *blade* pengganggu adalah 1 : 6, 2 : 6, 3 : 6, 4 : 6. Hasil penelitian tentang variasi rasio luas antara blade utama dengan blade pengganggu pada turbin angin savonius menunjukkan daya maksimal yang diperoleh pada kecepatan 6 m/s dengan beban 4750 gram sebesar 2,88 watt dan efisiensi maksimal turbin angin sebesar 26,4 % dengan menggunakan variasi rasio luas blade pengganggu dengan blade utama 2 : 6

Kata kunci : Savonius, vertical, blade pengganggu

Abstract

Energy needs will continue to increase along with the population growth rate, economic growth and energy consumption patterns themselves. Until now, the role of fossil energy resources such as petroleum and coal is a non-renewable energy source. There needs to be use of other new and renewable energy resources. Wind is one of the renewable energy resources that can be quickly reproduced by nature. Wind turbines are devices that can convert wind energy into motion energy and produce electricity. This study uses the experimental method. The data analysis technique in this study uses descriptive data analysis, which graphically describes the results of research in tables, histograms, and graphs. This research was conducted to determine the effect of variations in the ratio of the main blade area to the interfering blade. The wind turbine used in this study has a diameter of 30 cm and a height of 30 cm, while the variation in the ratio of the area of the main blade to the interfering blade is 1: 6, 2: 6, 3: 6, 4: 6. The results of wide ratio variations between blades The main with disrupting blades in the Savonius wind turbine shows maximum power obtained at a speed of 6 m / s with a load of 4750 grams of 2.88 watts and maximum efficiency of wind turbines of 26.4% using variations in the ratio of the confounding blade area with the main blade 2: 6 Keywords: voltage variation, current strong variation, nickel lining density.

Keywords: Savonius, vertical, gap blade

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk selalu bertambah sehingga kepadatan populasi terus meningkat. Hal ini akan berpengaruh pada daya dukung lingkungan. Daya dukung lingkungan yang terbatas menyebabkan kelangkaan sumber daya alam terjadi pencemaran, dan timbul persaingan untuk mendapatkan sumber daya alam. Selain itu pertumbuhan penduduk yang tinggi tanpa diikuti pertumbuhan ekonomi yang seimbang sering kali hanya menghasilkan sumber daya manusia yang berkualitas rendah.

Masalah kependudukan dan kerusakan lingkungan hidup merupakan dua permasalahan yang kini sedang dihadapi bangsa Indonesia, pertumbuhan penduduk yang cepat meningkatkan permintaan terhadap sumber daya alam, pada saat yang sama meningkatnya konsumsi yang disebabkan oleh membengkaknya jumlah penduduk yang pada akhirnya akan berpengaruh pada semakin berkurangnya sumber daya alam.

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya di dunia pada umumnya terus meningkat karena pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi, salah satu sumber pemasok listrik PLTA bersama pembangkit listrik tenaga uap PLTU dan pembangkit listrik tenaga gas PLTG memegang penting untuk persediaan listrik terutama Jawa, Madura, dan Bali.

Menurut Dewan Energi Nasional (2016) kebutuhan akan energi primer di Indonesia akan meningkat 6,4% per tahun hingga tahun 2025 jika dibandingkan 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.

Indonesia belum seluruhnya tercukupi terlebih pada daerah yang terpencil. Lebih dari 86 % dari energi dunia saat ini berasal dari bahan bakar fosil sementara itu permintaan kebutuhan energi dunia semakin hari semakin bertambah secara pesat maka dari itu banyak ahli banyak ahli mencari energi alternatif yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik.

Menurut Dewan Energi Nasional (2010) Indonesia secara geografis dilewati garis khatulistiwa dan beriklim tropis. Potensi energi angin di Indonesia berdasarkan data kecepatan angin di berbagai wilayah, sumberdaya energi angin Indonesia berkisar antara 2,5–5,5 *m/s* pada ketinggian 24 meter di atas permukaan tanah. Dengan kecepatan tersebut sumberdaya energi angin Indonesia termasuk dalam kategori kecepatan angin kelas rendah hingga menengah sehingga potensial untuk pengembangan dengan skema pembangkit skala kecil tersebar dengan kapasitas maksimum sekitar 100 *kW* per turbin.

Dalam kehidupan sehari – hari manusia pasti membutuhkan energi, selain berdasarkan sifat alaminya sumber energi juga di kategorikan berdasarkan ketersediaan energi terbarukan dan energi tidak terbarukan yang sering di gunakan dalam kehidupan manusia untuk memenuhi kebutuhan contoh:

Energi terbarukan merupakan sumber energi alam yang dapat langsung di manfaatkan dengan bebas ketersediaan energi terbarukan ini tak terbatas dan bisa dimanfaatkan secara terus menerus. Contoh dari energi terbarukan : matahari,air, panas bumi,udara,tumbuhan.

Sumber energi tak terbarukan akan habis pada beberapa tahun yang akan datang. Diprediksi tidak lebih dari 50 tahun lagi energi fosil di dunia akan habis. Selain karena akan habis, energi fosil juga berdampak negatif terhadap lingkungan. Emisi gas rumah kaca dari pembakaran energi fosil berdampak pada pemanasan global yang menyebabkan perubahan iklim. Karena itulah energi pengganti fosil sangat diperlukan untuk kebutuhan energi di masa yang akan. Contoh dari sumber energi tak terbarukan adalah : minyak,gas,batubara.

Salah satu alat yang dapat digunakan sebagai energi terbarukan dengan memanfaatkan angin adalah turbin angin. Turbin angin *savonius* merupakan salah satu jenis turbin angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dan merupakan salah satu jenis turbin angin yang tertua dari turbin angin jenis *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) (Akwa, 2012). Turbin angin *savonius* mengkorvesikan energi angin menjadi energi mekanis dalam bentuk gaya dorong (*drag force*).

Banyak kelebihan yang dimiliki turbin angin jenis ini yaitu mampu menerima angin dari segala arah, mudah dan murah dalam pembuatannya, dan dapat berputar pada kecepatan yang cukup rendah (Mohamed, 2010). Sehingga cocok dengan karakteristik angin Indonesia yang selalu berubah-ubah arah secara tidak teratur dengan kecepatan angin yang terbilang relatif kecil, yaitu 2,5–5,5 *m/s*. Selain itu *noise* yang dihasilkan oleh turbin angin *Vertical Axis* lebih kecil daripada *noise* yang di hasilkan oleh turbin angin *Horizontal Axis*.

Hal inilah yang menjadikan peneliti mempertimbangkan untuk memilih turbin angin jenis *Vertical Axis* sebagai analisa prestasi turbin angin pada kondisi tersebut. Pada penelitian sebelumnya di lakukan oleh Mohanad (2017) mengenai “ Studi Eksperimental Peningkatan Kinerja Savonius Rotor Dengan Belahan Multiple “ dari hasil penelitian dijelaskan bahwa hasil terbaik dari model turbin savonius (tinggi blade 600mm) konfigurasi 2 blade dengan 2 blade pengganggu dengan jarak 20mm di setiap blade memiliki hasil torsi rata - rata lebih baik dari model savonius 2 blade biasa. Nilai torsi tertinggi diperoleh sebesar 0,028 Nm pada turbin dengan ketinggian blade pengganggu 1 dan 2 sama senilai 200 mm. Dan Daya tertinggi juga di dapat sebesar 1,04 W pada model ketinggian pengganggu 1 dan 2 senilai 200mm. Keduanya di dapat pada kec angin 13m/s. Disini disimpulkan bahwa semakin besar nilai dari blade pengganggu akan menambah berat turbin dan mengurangi torsi yang dihasilkan.

Penelitian tentang turbin angin savonius di lakukan oleh Mahmoud (2012) mengenai “*An experimental study on improvement of Savonius rotor performance*”. Hasil penelitian tersebut menyatakan penggunaan 2 buah *blade* pada turbin angin *savonius* lebih efisien daripada 3 dan 4 *blade*.

Pengaruh Rasio Luas Blade Utama Dengan Blade Pengganggu Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius

Penelitian simulasi blade pengganggu yang dilakukan oleh Sonu & Rajesh (2016) Konfigurasi dengan penambahan 2 Blade pengganggu diamati memiliki kinerja yang lebih baik daripada konfigurasi konvensional untuk semua kasus, mencapai nilai CP maksimum 0,2266 pada $V = 8,23$ m/s dengan peningkatan 8,89%. Studi peningkatan dilakukan untuk menjaga rasio aspek, dimensi eksternal dan parameter aliran yang sama untuk kedua konfigurasi di setiap kasus. Pengaturan seperempat blade pengganggu menangkap porsi energi kinetik yang tidak digunakan dari aliran fluida yang masuk dan dengan demikian membantu meningkatkan kinerja.

Hasil jejak penelitian diatas pada dasarnya dilakukan demi mencapai prestasi kerja maksimal yang dapat diperoleh oleh turbin angin tipe *savonius* secara efisien sehingga dapat menjadi langkah penting dalam peningkatan performansi turbin angin *savonius*. Maka dari latar belakang di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Studi Pengaruh Rasio Luas Blade Utama dengan Blade Pengganggu Terhadap Kinerja Savonius

Tujuan Penelitian

- Untuk mengetahui pengaruh besarnya daya yang di hasilkan turbin angin savonius.
- Untuk mengetahui pengaruh besarnya efisiensi yang di hasilkan turbin angin savonius.

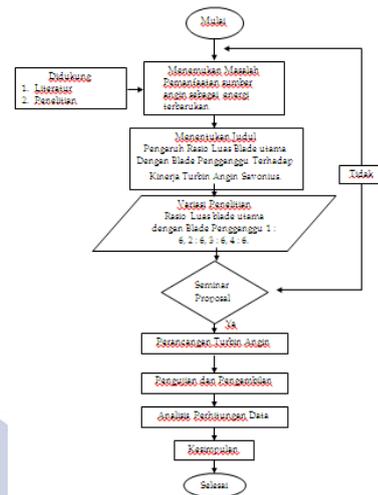
Manfaat Penelitian

Peneliti ini di harapkan mampu untuk memberi manfaat antara lain:

- Bagi peneliti yaitu untuk menambah wawasan, pengalaman, dan ilmu pengetahuan tentang turbin angin savonius dengan penambahan pengganggu
- Bagi dunia akademik dapat digunakan sebagai referensi tambahan untuk penelitian lebih lanjut tentang turbin angin savonius penambahan blade pengganggu.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

➤ Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variable yang menyebabkan atau mempengaruhi factor – factor yang di observasi. Variabel bebas pada penelitian ini adalah rasio luas blade pengganggu 1 : 6, 2 : 6, 3 : 6, 4 : 6.



Gambar 2. Variasi Rasio Blade Pengganggu

➤ Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor–faktor yang di observasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh dari variabel bebas.

➤ Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dapat dikendalikan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak di pengaruhi oleh faktor – faktor lain yang tidak termasuk dalam penelitian variabel kontrol dalam penelitian ini adalah model turbin angin, beban turbin angin mulai dari 200 gram, 250 gram sampai dengan berhenti. Dan kecepatan angin mulai dari 3 m/s, 4 m/s, sampai dengan 6 m/s.

Instrumen Dan Alat Penelitian

➤ **Instrument Penelitian**



Gambar 3. Rangkaian Terowongan Penelitian

Spesifikasi Turbin Angin :

- Savonius Tipe-S.
- Satu Tingkat
- Dua *Blade*
- Diameter Turbin 300 mm
- Tinggi Turbin 300 mm
- Variasi Rasio 01:6, 2:6, 3:6, 4:6
- Bahan Blade Utama PPC
- Bahan Blade Pengganggu PPC



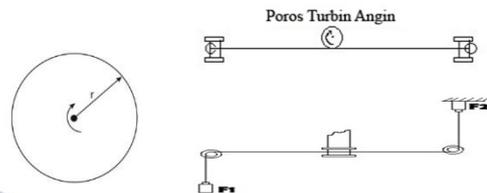
Gambar 4. Model Turbin Angin dalam Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data merupakan suatu proses yang penting dalam mencapai tujuan penelitian dimana parameter yang diukur adalah daya yang dihasilkan dan bagaimana efisiensinya. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik eksperimen, yaitu mengukur dan menguji obyek yang diteliti dan mencatat data-data yang di perlukan peneliti. Data-data yang diperlukan tersebut dicatat pada tiap jarak celah pengganggu, kecepatan angin (m/s), beban poros dan pegas (gram) sehingga akan diperoleh putaran poros turbin (RPM) yang selanjutnya akan diolah dengan dasar perhitungan rumus yang ada dan akhirnya akan diperoleh data besarnya daya dan efisiensi.

Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif, sehingga analisis data dilakukan dengan cara mengolah data yang diperoleh dari eksperimen dimana hasilnya berupa data kuantitatif dalam bentuk tabel dan grafik dan selanjutnya hasil penelitian dari data-data tersebut dituangkan menjadi kalimat yang mudah untuk dipahami. Perhitungan untuk torsi dengan skema pengereman tali terhadap poros dengan berat beban.



Gambar 5. Skema Pengereman Tali untuk Torsi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Angin

Kecepatan angina sangat berpengaruh terhadap daya yang akan di dihasilkan oleh turbin angin sebab angin mengandung energi berupa daya angin. Hal ini dapat kita lihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Daya Angin (Pw) vs Kecepatan Angin (V)

Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Pw)
3	1,36
4	3,23
5	6,32
6	10,92

Dimana data menunjukkan bahwa daya angin yang dihasilkan pada kecepatan angin 6 m/s lebih besar jika dibandingkan dengan kecepatan angin dibawahnya. Maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin 6 m/s pada penelitian ini mampu menghasilkan daya dan efisiensi terbaik. Berikut adalah hasil pengambilan data terbaik pada kecepatan angin 6 m/s terjadi pada variasi rasio luas blade pengganggu dengan blade utama 2 : 6

Tabel 2. Data Penelitian Terbaik pada Kecepatan Angin 6 m/s.

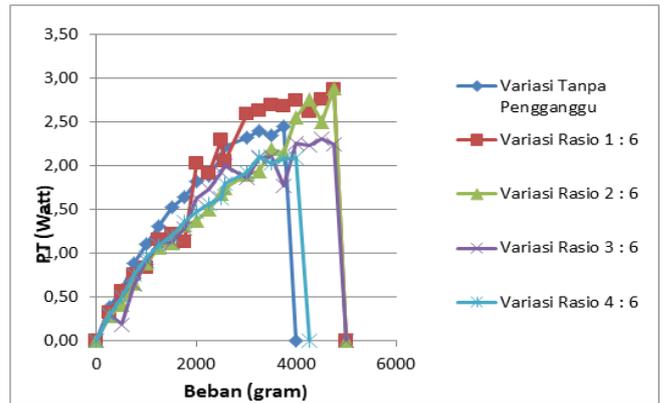
Pengaruh Rasio Luas Blade Utama Dengan Blade Pengganggu Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius

Kecepatan Angin 6 m/s					
Variasi Beban	Besarnya Rasio Blade Pengganggu				
	0	1 : 6	2 : 6	3 : 6	4 : 6
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	0,39	0,32	0,28	0,30	0,30
500	0,58	0,57	0,41	0,19	0,50
750	0,89	0,76	0,66	0,64	0,76
1000	1,10	0,83	0,88	0,91	0,96
1250	1,31	1,16	1,06	1,12	1,09
1500	1,53	1,22	1,12	1,13	1,20
1750	1,64	1,13	1,33	1,28	1,36
2000	1,82	2,03	1,37	1,64	1,48
2250	1,89	1,92	1,50	1,74	1,57
2500	2,09	2,29	1,68	1,93	1,62
2750	2,22	2,06	1,75	2,00	1,79
3000	2,33	2,60	1,90	1,86	1,92
3250	2,40	2,64	1,94	2,09	2,10
3500	2,34	2,70	2,20	2,11	2,03
3750	2,45	2,69	2,14	1,78	2,08
4000	0,00	2,74	2,55	2,26	2,10
4250		2,62	2,76	2,23	0,00
4500		2,75	2,50	2,31	
4750		2,87	2,88	2,25	
5000		0,00	0,00	0,00	

Tabel 3. Daya Turbin Angin (PT) pada Kecepatan Angin 6 m/s.

Variasi Rasio Luas Blade	Kecepatan Angin (m/s)	Beban Pokok (gram)	Beban Pegas (gram)	Putaran Turbin (rpm)
2 : 6	6	0	125	444,2
2 : 6	6	250	320	447,3
2 : 6	6	500	455	434,9
2 : 6	6	750	590	420,3
2 : 6	6	1000	735	401,4
2 : 6	6	1250	935	387,4
2 : 6	6	1500	1110	404,2
2 : 6	6	1750	1305	383,7
2 : 6	6	2000	1470	375,3
2 : 6	6	2250	1640	380,5
2 : 6	6	2500	1850	379,2
2 : 6	6	2750	1250	444,2
2 : 6	6	3000	1995	369,4
2 : 6	6	3250	2185	354,3
2 : 6	6	3500	2285	352,3
2 : 6	6	3750	2390	353,9
2 : 6	6	4000	2530	337,9
2 : 6	6	4250	2645	334,6
2 : 6	6	4500	2940	312,5
2 : 6	6	4750	3051	330,7
2 : 6	6	5000	3152	0

Hasil Perhitungan Daya Turbin Angin vs Beban akan disajikan dalam bentuk Tabel dan Grafik, sebagai berikut:

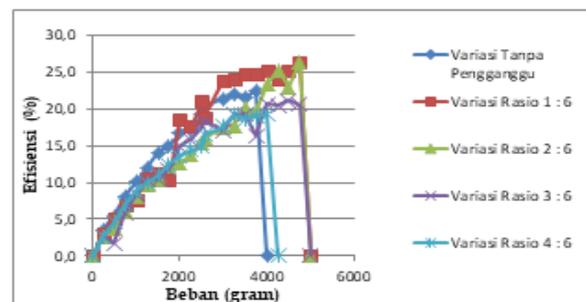


Gambar 6. Daya Turbin Angin (PT) vs Beban pada kecepatan 6 m/s

Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin (%) vs Beban akan disajikan dalam bentuk Tabel dan Grafik, sebagai berikut:

Kecepatan Angin 6 m/s					
Variasi Beban	Besarnya Rasio Blade Pengganggu				
	0	1 : 6	2 : 6	3 : 6	4 : 6
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	3,5	3,0	2,6	2,7	2,7
500	5,4	5,2	3,8	1,7	4,6
750	8,1	7,0	6,0	5,9	7,0
1000	10,1	7,6	8,1	8,4	8,8
1250	12,0	10,6	9,7	10,3	10,0
1500	14,0	11,2	10,3	10,4	11,0
1750	15,0	10,3	12,2	11,8	12,4
2000	16,7	18,6	12,5	15,0	13,6
2250	17,3	17,6	13,8	15,9	14,3
2500	19,2	21,0	15,4	17,6	14,9
2750	20,3	18,8	16,0	18,4	16,4
3000	21,3	23,8	17,4	17,0	17,6
3250	21,9	24,1	17,7	19,2	19,2
3500	21,5	24,7	20,1	19,3	18,6
3750	22,4	24,6	19,6	16,3	19,0
4000	0,0	25,1	23,3	20,7	19,2
4250		24,0	25,2	20,5	0,0
4500		25,2	22,9	21,1	
4750		26,3	26,4	20,6	
5000		0,0	0,0	0,0	

Tabel 4. Efisiensi Turbin Angin (%) pada Kecepatan Angin 6 m/s.



Gambar 7. Efisiensi Turbin Angin (%) vs Beban pada Kecepatan Angin 6 m/s.

Daya Turbin Angin

Kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin angin. Hal ini dapat kita lihat pada tabel 1 dimana data menunjukkan bahwa daya angin yang dihasilkan pada kecepatan angin 6 m/s lebih besar jika dibandingkan dengan kecepatan angin dibawahnya. Dan dari tabel 3 diatas maka dapat kita ketahui bahwa daya terbesar yang dapat dihasilkan pada penelitian Turbin Angin Savonius Satu Tingkat dengan Penambahan Blade Pengganggu adalah sebesar 2,88 Watt yang terjadi pada rasi luas 2 : 6 dengan beban 4750 gram.

Efisiensi Turbin Angin

Efisiensi daya turbin atau (C_p) merupakan perbandingan antara daya turbin angin (P_t) dengan daya angin (P_w) yang diekstrak oleh turbin angin. Sama halnya dengan daya, efisiensi daya yang di hasilkan turbin angin juga di pengaruhi oleh besarnya daya angin yang berhembus.

Berikut adalah table perbandingan efisiensi terbaik yang di hasilkan oleh turbin angin pada kecepatan angina 6 m/s dengan berbagai variasi rasio luas blade utama dengan blade pengganggu.

Kecepatan Angin (m/s)	Variasi Rasio Luas	Efisiensi Terbaik (%)	Beban (Gram)
6	0	22,4	3750
6	1 : 6	26,3	4750
6	2 : 6	26,4	4750
6	3 : 6	20,7	4000
6	4 : 6	19,2	4000

Dari table 4.4 dan 4.6 di atas maka dapat di ketahui bahwa efisiensi terbaik yang dapat di hasilkan pada penelitian Turbin Angin Savonius Satu Tingkat dengan Penambahan Blade Pengganggu adalah sebesar 26,4% yang terjadi pada Rasio luas 2 : 6 dengan beban 4750 gram. Karena efisiensi mengikuti dari hasil daya turbin yang di peroleh, jika hasil dari daya turbin besar maka efisiensi dari turbin juga tinggi tetapi jika daya dari turbin kecil maka efisiensi dari turbin juga kecil. Dapat kita lihat pada pembahasan tentang daya turbin angin sebelumnya, dari semua variasi rasio luas antara blade pengganggu dengan blade utama yang paling besar memperoleh daya turbin adalah rasio luas 2 : 6, oleh karena itu efisiensi yang di dapat di variasi rasio luas 2 : 6 juga tinggi di bandingkan variasi rasio luas yang lainnya

PENUTUP

Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Setelah di lakukan penelitian terhadap model turbin angin *savonius* satu tingkat dengan penambahan blade

pengganggu pada kecepatan angina 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

Daya tertinggi turbin angin *savonius* satu tingkat dengan penambahan *blade* pengganggu pada kecepatan 3 m/s di dapatkan daya terbesar yaitu 0,36 watt dengan beban 1250 gram pada rasio luas 3 : 6, pada kecepatan 4 m/s di dapatkan daya terbesar yaitu 0,80 watt dengan beban 2750 gram pada rasio luas 2 : 6, pada kecepatan 5 m/s di dapatkan daya terbesar yaitu 1,52 watt dengan beban 4500 gram pada rasio luas 2 : 6, pada kecepatan 6 m/s di dapatkan daya terbesar yaitu 2,88 watt dengan beban 4750 gram pada rasio luas 2 : 6.

Efisiensi (η) turbin angin *savonius* satu tingkat dengan penambahan *blade* pengganggu pada kecepatan angin 3 m/s di dapatkan efisiensi tertinggi yaitu 26,3 % dengan beban 1250 gram pada rasio luas 3 : 6, pada kecepatan 4 m/s di dapatkan efisiensi tertinggi yaitu 24,6 % dengan beban 2750 gram pada rasio luas 2 : 6, pada kecepatan 5 m/s di dapatkan efisiensi tertinggi yaitu 24,1 % dengan beban 4500 gram pada rasio luas 2 : 6, pada kecepatan 6 m/s di dapatkan efisiensi tertinggi yaitu 26,4 % dengan beban 4750 gram pada rasio luas 2 : 6.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M., Vielmo & Petry, A.P. 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.
- Arsana, Made I & Pamuji, L. 2016. "Pengaruh Jarak Baffle Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Tipe Shell and Tube dengan Double Segmental Baffle". Vol.4: pp 521-527
- Akwa, J.V. 2012. "A Review on The Performance of Savonius Wind Turbines". *Renewable and Sustainable Energy Riviews*. Vol. 16: pp 3054-3064.
- Siregar, Indra Herlamba & Aris Ansori 2016. *Performance of Comined Vertical Axis Wind TurguenBlade Between Airfoil Naca 0018 With Curve Blade With and Without Guide Vane*. *International Journal Of Scantifie & Enginerig Recerve Volume 7, Issue 7,2016*.
- Fiedler, Andrzej J., and Tullis, Stephen. 2009. "Blade Offset and Pitch Effects on a High Solidity Vertical Axis Wind Turbine". *Wind Engineering*. Vol. 33: pp 237-246.
- Fitrandi, Robby Ilham. 2014. *Karakteristik Turbin Angin Savonius 2 dan 3 Blade Dengan Menggunakan Bantuan Guide Vane*. Surabaya: Teknik-Universitas Negeri Surabaya