

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENGGUNAAN BLADE
SYSTEM BUKA TUTUP ARAH HORIZONTAL TERHADAP KINERJA
KINCIR ANGIN POROS VERTIKAL

Azmain Noor Hatuwe

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon

noor.azmain@gmail.com

ABSTRACS

This study implemented a system of opening and closing of the blade horizontally on vertical axis wind turbines. The purpose of this study to improve the weaknesses in the vertical shaft type windmill. When the wheel rotates, the convex surface of the blade which moves in the opposite direction of the wind. Gusts of wind in the convex surface of the blade produces torque that is turning the wheel in the opposite direction. The nature of this torque into the barriers and reducing the ability play a windmill. The method used to solve the problems is a true experiment. The research data obtained through direct testing of the windmill that became the object of research. This windmill using Blade rectangular with flat surfaces. Number of blade used during the test varies 2, 3 and 4, each test the number of blades installed, given gusts of wind velocity of 250 cm / sec, 180 cm / sec, 112 cm / sec, 86 cm / sec and 55 cm / sec. Discussion of the results of research data to provide information that, open and close system leaves the blade to rotate the windmill shaft vertical, the use of blade 3 pieces generate greater power, of power that can be generated by 2 or 4 pieces of blade, the greater the wind increase the power generated and the maximum power to each blade usage amount obtained at a speed of 250 cm / sec, which is the use of two pieces of blade produce power 0.134 Watt, 3 pieces of blade generating power of 0.16 Watt and 4 blade generate 0.15 Watt.

ABSTRAK

Penelitian ini menerapkan system buka tutup *blade* arah horizontal pada kincir angin sumbu vertical. Tujuan penelitian ini untuk memperbaiki kelemahan pada kincir angin tipe poros vertical. Ketika kincir berputar, permukaan *blade* yang cembung bergerak berlawanan arah datangnya angin. Hembusan angin yang menerpa permukaan cembung dari *blade* ini menghasilkan torsi yang bersifat memutar kincir pada arah berlawanan. Sifat torsi ini menjadi hambatan dan mengurangi kemampuan putar kincir. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan adalah *true eksperiment*. Data penelitian diperoleh melalui pengujian langsung pada kincir angin yang menjadi objek penelitian. Kincir angin ini menggunakan *Blade* yang berbentuk empat persegi panjang dengan permukaan rata. Jumlah *blade* yang digunakan pada saat pengujian bervariasi 2, 3 dan 4 buah, setiap pengujian jumlah *blade* yang terpasang, diberikan hembusan kecepatan angin 250 cm/detik, 180 cm/detik, 112 cm/detik, 86 cm/detik dan 55 cm/detik. Hasil pembahasan data penelitian memberikan informasi bahwa, sistem buka tutup *blade* dapat memutar kincir angin poros vertical, penggunaan blade sebanyak 3 buah menghasilkan daya yang lebih besar, dari daya yang dapat dihasilkan oleh 2 atau 4 buah *blade*, semakin besar hembusan angin meningkatkan daya yang dihasilkan dan daya maksimal untuk masing – masing penggunaan jumlah *blade* diperoleh pada kecepatan 250 cm/detik, yaitu 2 buah blade menghasilkan daya 0,134 Watt, 3 buah blade menghasilkan daya 0,16 Watt dan 4 buah blade menghasilkan daya 0,15 Watt.

Kata Kunci: eksperimen; kinerja; blade; system buka tutup; kincir angin

1. PENDAHULUAN

Kincir angin tipe poros vertical memiliki kelemahan yakni pada saat angin berhembus pada kincir, blade yang berada disebelah kiri poros kincir berbentuk cekung menerima energy kinetic angin, sehingga membuat kincir berputar, akan tetapi pada saat yang sama posisi blade sebelah kanan poros kincir bagian yang terkena angin adalah bagian belakang blade berbentuk cembung. Bagian cembung blade ini berfungsi menepis angin, namun energy kinetic dihasilkan pada blade cembung ini menjadi tahanan terhadap putaran kincir. Semakin besar tahanan yang

dihasilkan bagian blade bentuk cembung ini, akan semakin mengurangi kemampuan kincir untuk berputar. Jika luasan permukaan blade cembung yang terkena angin diperkecil, maka diperkirakan akan meningkatkan putaran kincir.

Tekniknya digunakan untuk memperkecil tahanan yang diakibatkan oleh blade cembung adalah dengan memperkecil luasan blade yang menerima angin. Agar berkurang luasan blade cembung menerima angin, posisi blade dirubah menjadi dua keadaan, yakni membuka ketika bagian cekung menerima angin, dan menutup ketika bagian cembung menerima angin, sehingga pada

saat posisi membuka bagian blade yang terkena angin adalah bagian tipis sisi samping blade. System buka tutup ini diterapkan pada blade kincir angin, bertujuan untuk meminimalkan energy kinetic yang dihasilkan pada permukaan blade bagian cembung, sehingga dapat meningkatkan putaran dan daya kincir. Sedangkan arah gerak membuka dan menutup blade adalah vertical sejajar dengan poros kincir. Kincir angin yang menjadi objek penelitian direncanakan memiliki dimensi dengan ukuran diameter kincir angin sebesar 2 meter, tinggi 1,5 meter dan lebar blade 40 cm serta bahan blade direncanakan dibuat dari fiberglass.

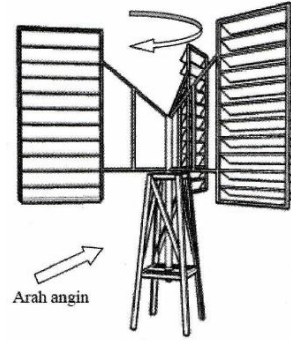
Permasalahan pada penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh penggunaan blade system buka tutup arah horizontal terhadap daya yang dihasilkan kincir angin poros vertical.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Turbin Angin Sumbu Vertikal, yang menjadi objek penelitian ini memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi, mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah. Turbin angin poros vertical ini memiliki kekurangan, yakni bila dibandingkan dengan turbin angin poros horizontal, turbin angin poros vertical memiliki penurunan efisiensi. Hal ini dikarenakan adanya hambatan tambahan yang mereka miliki sebagai pisau memutar ke angin.

Model kincir angin poros vertical model cross flow, Savonius, Darrieus dan Giromill, bila diamati bentuk profil kincirnya terdiri dari dua bentuk sisi dari permukaan blade yang berbeda, yakni cekung dan sembung. Permukaan cekung dimanfaatkan untuk menerima energy kinetic angin, sedangkan permukaan cembung berfungsi menepis energy pada saat berputar berlawanan arah angin. kinerja kincir angin poros vertical ini tergantung kemampuannya meminimalkan pengaruh tahanan yang ditimbulkan oleh permukaan blade yang bergerak berlawanan arah angin.

Martono Tjukup (2012), Telah melakukan penelitian tentang peningkatan kincir angin poros vertical melalui sistem buka tutup sirip pada 3 sudu. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh informasi bahwa kincir angin poros vertical model ini lebih efisien dibanding type savonius rotor, dan dapat diterapkan di semua lokasi/daerah yang memiliki kecepatan berubah-ubah, dan kincir model ini rata-rata dapat berputar pada kecepatan angin terendah 3,1 m/detik. Dan efisiensi power mencapai 23,54%.



Sumber: Marnoto Tjukup, 2011

Gambar 1. kincir angin vertical 3 sudu bersirip

Daya poros dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = T \cdot \omega \quad (1)$$

dimana : T = torsi poros (Nm)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

Sedangkan ,

$$T = F \cdot x \quad (2)$$

F = Gaya yang bekerja (N)

x = Jarak gaya bekerja dari titik acuan (m)

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah truth experimental, dimana data hasil penelitian diperoleh dengan melakukan eksperimen pada objek penelitian di laboratorium.

Variable pada penelitian ini antara lain, variable terikat yaitu jumlah blade dan kecepatan angin, variable terikat adalah daya dan torsi dan variable control adalah variable yang besarnya dijaga sama pada setiap kondisi pengujian yakni ukuran dimensi kincir angin.

Rancangan instrument yang dibutuhkan untuk mencapai hasil yang diinginkan adalah sebagai berikut:

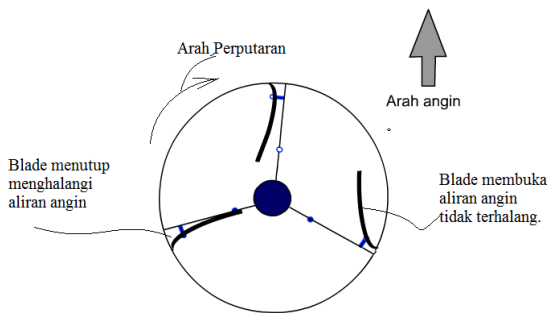
- Untuk dapat menentukan bahwa system buka tutup dapat diterapkan pada kincir angin dengan poros vertical, blade yang digunakan adalah berpermukaan datar dan berbentuk segi empat.
- Jumlah daun kincir (*blade*) yang digunakan bervariasi 2, 3 dan 4 buah.
- Arah angin dikontrol, hanya pada satu arah sehingga pengujian hanya dilakukan pada ruang tertutup, sehingga tidak ada pengaruh hembusan angin alami.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kincir angin tipe poros vertical memiliki blade yang dirancang khusus memiliki dua sisi yang berfungsi untuk dapat menerima energy kinetic atau menepis energy kinetic angin. Ketika angin berhembus mengenai kincir angin, maka sisi blade yang berfungsi menerima energy kinetic angin, akan

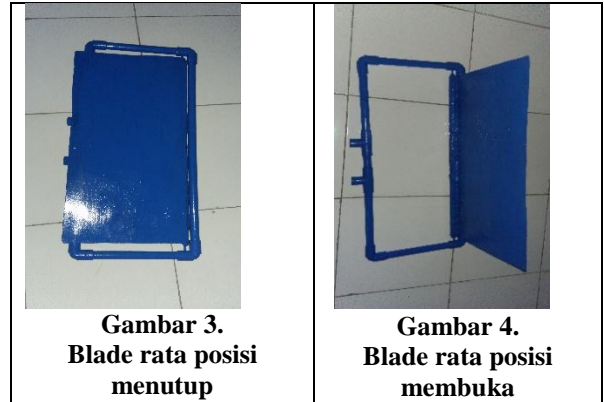
mentransfer energy kinetic menjadi energy mekanik, sehingga pada blade bekerja gaya yang menghasilkan torsi dan memutar kincir angin. Bersamaan hembusan angin tersebut di sisi lain blade, karena bentuknya cembung akan menepis hembusan angin, sehingga energy kinetic yang dihasilkan kecil, demikian pula gaya dan torsi yang bekerja pada blade. Torsi yang dihasilkan sifatnya memutar kincir angin pada arah yang berlawanan dari blade sisi yang lain. Mengakibatkan gerak berlawanan atau hambatan bagi arah perputaran kincir.

Sistem buka tutup bila diterapkan pada blade kincir angin poros vertical, bermanfaat untuk mengurangi hambatan dari sisi blade cembung. Gerak menutup aliran angin, maka *blade* menerima angin, sedangkan pada gerak membuka permukaan blade sejajar dengan arah datang sehingga tidak menerima angin. Cara ini akan mengurangi hambatan, dan meningkatkan kinerja kincir. Prinsip kerja dari kincir angin yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. sketsa pandangan atas kincir angin system buka-tutup Arah Horizontal

Prototipe kincir angin system buka tutup yang menjadi objek penelitian ini memiliki konstruksi, permukaan blade rata dan berbentuk empat persegi panjang. Permukaan blade rata tidak dapat digunakan pada kincir angin poros vertical, dikarenakan energy kinetic yang bekerja pada kedua posisi permukaan *blade* ketika menerima angin adalah relative sama besar. Sehingga pada pengujian kincir system buka tutup ini, dipilih menggunakan *blade* berpermukaan rata untuk meniadakan pengaruh internal lain yang menyebabkan kincir berputar. Bentuk daun kincir angin (*blade*) pada penelitian ini adalah seperti diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Blade rata posisi menutup

Gambar 4. Blade rata posisi membuka

Pengujian kinerja kincir angin

Kinerja kincir angin system buka tutup di uji kemampuan putarnya, ketika menggunakan 2 , 3 dan 4 daun kincir. Untuk masing-masing penggunaan jumlah daun kincir diberikan variasi hembusan kecepatan hembusan angin pada 55, 86, 112, 180 dan 240 cm/detik. Dan kecepatan angin diberi variasi beban tarik pegas yaitu 1 kg, 0,7 kg dan 0,5 kg. Sedangkan diameter puli yang terpasang tersambung dengan pegas adalah sebesar 30 cm . Data yang diperoleh berupa kecepatan putar kincir (*n*) dan Beban menahan putaran pulir digunakan untuk menghitung, kecepatan sudut, torsi dan daya yang dihasilkan pada poros kincir.

a. Pengujian kinerja kincir menggunakan 2 Blade

Kincir angin system buka tutup menggunakan 2 *blade*, yang dimaksud sebagaimana diperlihatkan pada gambar sebagai berikut.



Gambar 5. Kincir angin menggunakan 2 blade

Data hasil pengujian kincir menggunakan 2 blade, sebagai berikut:

Tabel 1. Data kincir dengan 2 blade pada kecepatan angin 250 cm/dtk.

Tarikan Pegas	m kg	F Newton	n rpm	w radian	T Nm	P Watt
1kg	0.726	7.12	12	1.256	0.1	0.134
0,7kg	0.537	5.27	13	1.361	0.1	0.108
0,5kg	0.345	3.38	14	1.465	0.1	0.074

Tabel 2. Data kincir dengan 2 blade pada kecepatan angin 180 cm/dtk

Tarikan Pegas	m kg	F Newton	n rpm	w radian	T Nm	P Watt
1kg	0.726	7.12	11	1.151	0.1	0.123
0,7kg	0.537	5.27	12	1.256	0.1	0.099
0,5kg	0.345	3.38	12.5	1.308	0.1	0.066

Tabel 3. Data kincir dengan 2 blade pada kecepatan angin 112 cm/dtk

Tarikan Pegas	m kg	F Newton	n rpm	w radian	T Nm	P Watt
1kg	0.726	7.12	6.5	0.68	0.1	0.073
0,7kg	0.537	5.27	8	0.837	0.1	0.066
0,5kg	0.345	3.38	9	0.942	0.1	0.048

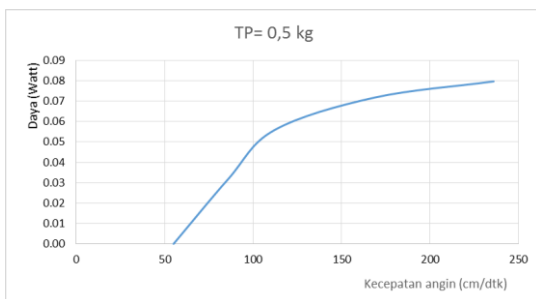
Tabel 4. Data kincir dengan 2 blade pada kecepatan angin 86 cm/dtk

Tarikan Pegas	m kg	F Newton	n rpm	w radian	T Nm	P Watt
1kg	0.726	7.12	3	0.314	0.1	0.034
0,7kg	0.537	5.27	4	0.419	0.1	0.033
0,5kg	0.345	3.38	5	0.523	0.1	0.027

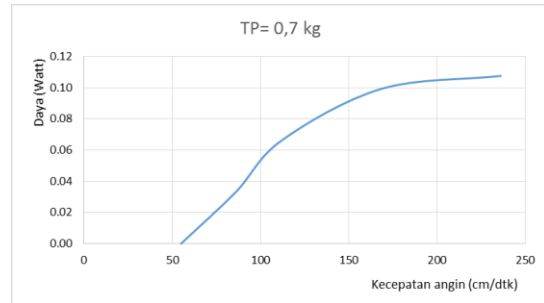
Tabel 5. Data kincir dengan 2 blade pada kecepatan angin 55 cm/dtk

Tarikan Pegas	m kg	F Newton	n rpm	w radian	T Nm	P Watt
1kg	0.726	7.12	0	0	0.1	0
0,7kg	0.537	5.27	0	0	0.1	0
0,5kg	0.345	3.38	0	0	0.1	0

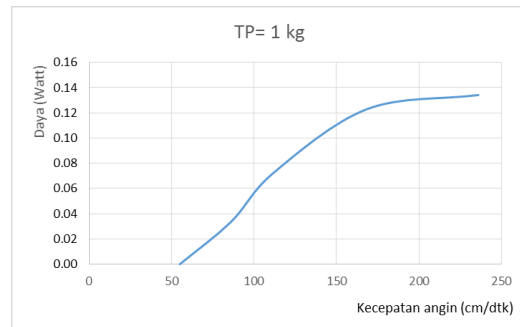
Data hasil pengujian penggunaan dua *blade* pada kincir angin, dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara tarikan pegas, kecepatan angin dan daya, sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban Tarik pegas 0,5 kg dan Jumlah blade 2 buah.



Gambar 7. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban Tarik pegas 0,7 kg dan Jumlah blade 2 buah.



Gambar 8. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban tarik pegas 1 kg dan Jumlah blade 2 buah.

b. Pengujian kinerja kincir menggunakan 3 Blade

Kincir angin system buka tutup menggunakan 3 *blade*, yang dimaksud sebagaimana diperlihatkan pada gambar sebagai berikut.



Gambar 9. Kincir angin menggunakan 3 blade

Data hasil pengujian kincir menggunakan 3 blade, sebagai berikut:

Tabel 6. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 250 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12206	14	1.465333	0.106831	0.156543
0,7kg	0.537	5.26797	14.5	1.517667	0.07902	0.119925
0,5kg	0.345	3.38445	15	1.57	0.050767	0.079704

Tabel 7. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 180 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12206	12	1.256	0.106831	0.13418
0,7kg	0.537	5.26797	13	1.360667	0.07902	0.107519
0,5kg	0.345	3.38445	13.5	1.413	0.050767	0.071733

Tabel 8. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 112 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12206	8	0.837333	0.106831	0.089453
0,7kg	0.537	5.26797	9.5	0.994333	0.07902	0.078572
0,5kg	0.345	3.38445	10.5	1.099	0.050767	0.055793

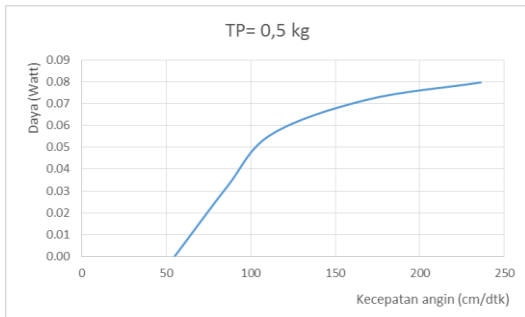
Tabel 9. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 86 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12206	5	0.523333	0.106831	0.055908
0,7kg	0.537	5.26797	5.5	0.575667	0.07902	0.045489
0,5kg	0.345	3.38445	6	0.628	0.050767	0.031882

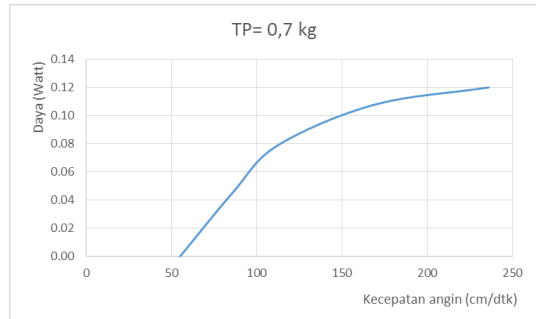
Tabel 10. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 55 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12	0	0	0.1	0
0,7kg	0.537	5.27	0	0	0.1	0
0,5kg	0.345	3.38	0	0	0.1	0

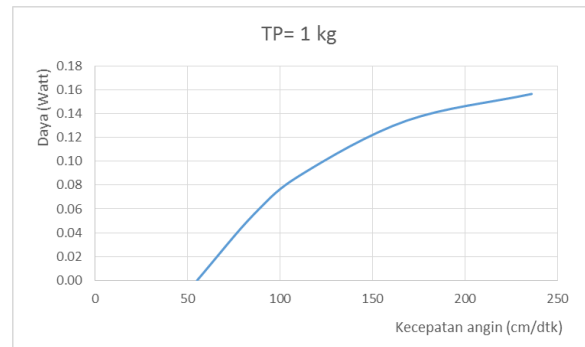
Data hasil pengujian penggunaan dua *blade* pada kincir angin, dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara tarikan pegas, kecepatan angin dan daya, sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban Tarik pegas 0,5 kg dan Jumlah blade 3 buah.



Gambar 11. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban Tarik pegas 0,7 kg dan Jumlah blade 3 buah.



Gambar 12. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban Tarik pegas 1 kg dan Jumlah blade 3 buah.

- c. **Pengujian kinerja kincir menggunakan 4 Blade**
Kincir angin system buka tutup menggunakan 4 *blade*, yang dimaksud sebagaimana diperlihatkan pada gambar sebagai berikut.



Gambar 13. Kincir angin menggunakan 4 blade

Data hasil pengujian kincir menggunakan 4 blade, sebagai berikut:

Tabel 11. Data kincir dengan 4 blade pada kecepatan angin 250 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12	13.00	1.36	0.11	0.15
0,7kg	0.537	5.27	13.50	1.41	0.08	0.11
0,5kg	0.345	3.38	14.50	1.52	0.05	0.08

Tabel 12. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 180 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12	11.50	1.20	0.11	0.13
0,7kg	0.537	5.27	12.00	1.26	0.08	0.10
0,5kg	0.345	3.38	13.00	1.36	0.05	0.07

Tabel 13. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 112 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12	7.00	0.73	0.11	0.08
0,7kg	0.537	5.27	9.00	0.94	0.08	0.07
0,5kg	0.345	3.38	10.00	1.05	0.05	0.05

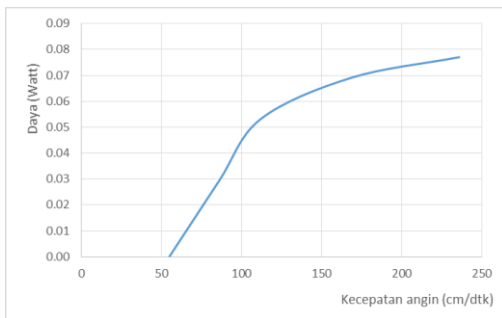
Tabel 14. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 86 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12	4.00	0.42	0.11	0.04
0,7kg	0.537	5.27	5.00	0.52	0.08	0.04
0,5kg	0.345	3.38	5.50	0.58	0.05	0.03

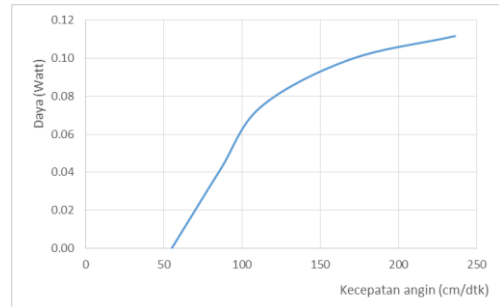
Tabel 15. Data kincir dengan 3 blade pada kecepatan angin 55 cm/dtk

Tarikan Pegas	m	F	n	w	T	P
	kg	Newton	rpm	radian	Nm	Watt
1kg	0.726	7.12	0	0	0.1	0
0,7kg	0.537	5.27	0	0	0.1	0
0,5kg	0.345	3.38	0	0	0.1	0

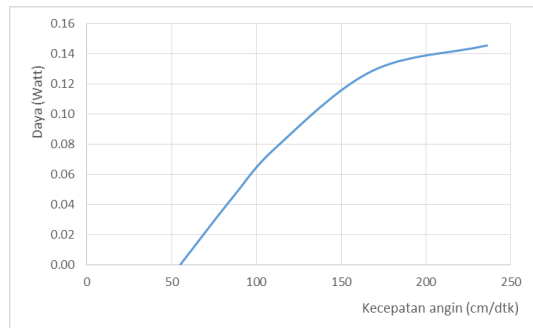
Data hasil pengujian penggunaan dua *blade* pada kincir angin, dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara tarikan pegas, kecepatan angin dan daya, sebagai berikut.



Gambar 14. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban Tarik pegas 0,5 kg dan Jumlah blade 4 buah.



Gambar 15. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban Tarik pegas 0,7 kg dan Jumlah blade 4 buah.

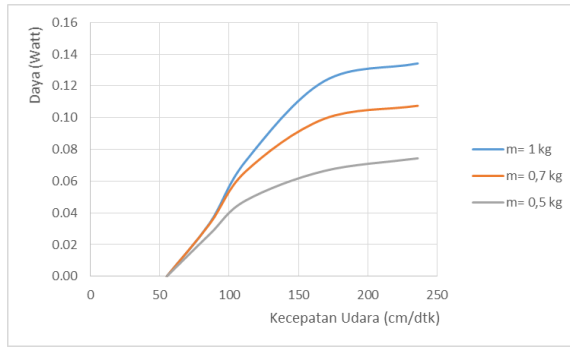


Gambar 16. Grafik hubungan daya dan kecepatan angin pada beban Tarik pegas 1 kg dan Jumlah blade 4 buah.

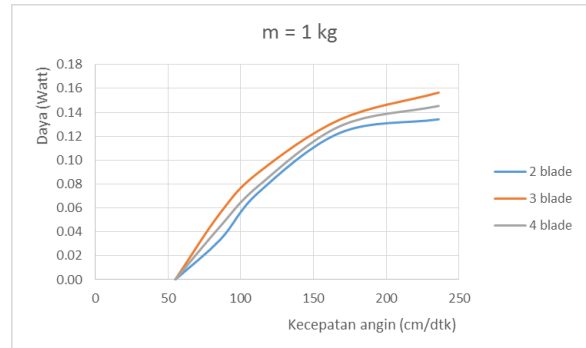
Pembahasan

Kincir angin menggunakan system buka tutup dapat berputar, dikarenakan ketika salah satu bilah *blade* menerima hembusan angin, *blade* melakukan posisi menutup, sehingga hembusan angin dapat dikonversikan menjadi energy mekanik untuk memutar kincir. Sedangkan ketika arah *blade* ketika berputar berlawanan dengan hembusan angin, maka *blade* melakukan posisi membuka, sehingga tidak menerima angin. System kerja *blade* demikian akan mengurangi hambatan bagi putaran kincir, yang sehingga meningkatkan kinerja yang dihasilkan oleh blade yang arah geraknya berlawanan dengan hembusan angin.

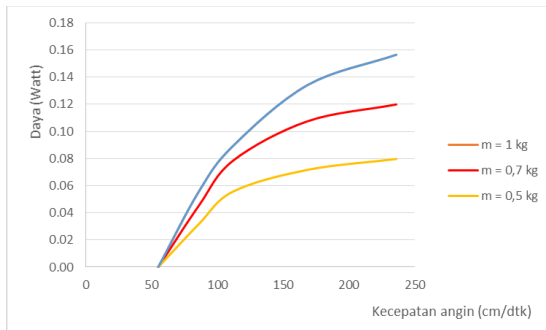
Hasil pengujian dengan variasi beban Tarik pada setiap hembusan menunjukkan, semakin besar beban Tarik yang diberikan, akan menghasilkan peningkatan daya seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini.



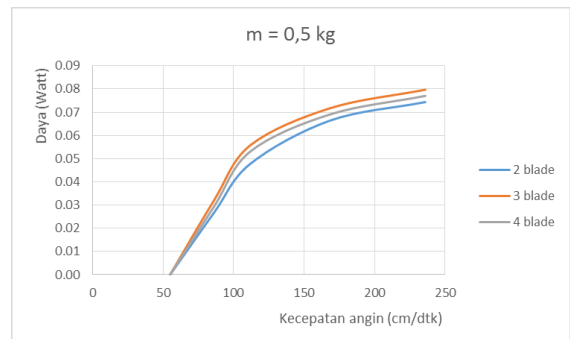
Gambar 17. Daya kincir menggunakan 2 blade



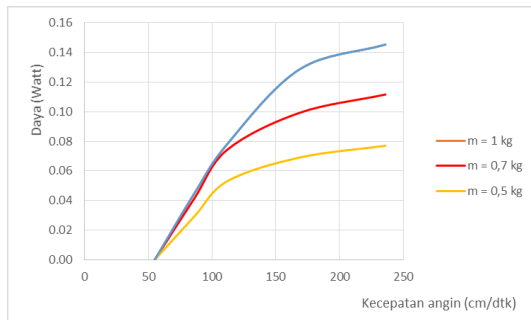
Gambar 20. Daya kincir dengan beban Tarik pegas 1 kg



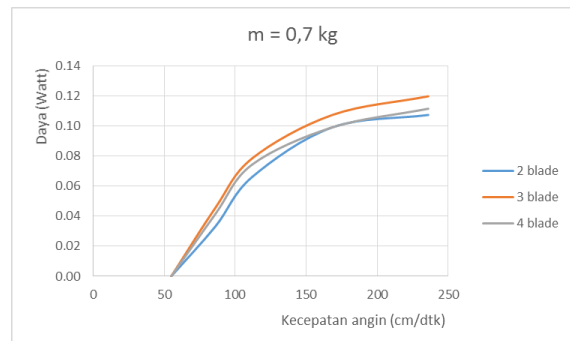
Gambar 18. Daya kincir menggunakan 3 blade



Gambar 21. Daya kincir dengan beban Tarik pegas 0,7 kg



Gambar 19. Daya kincir menggunakan 4 blade



Gambar 22. Daya kincir dengan beban Tarik pegas 0,5 kg

Pada kecepatan hembusan angin yang sama, daya yang dihasilkan dari pengujian penggunaan variasi jumlah blade menghasilkan fenomena, yakni kecenderungan penggunaan 3 buah *blade* menghasilkan daya yang lebih besar dari pada menggunakan 2 atau 4 buah *blade*. Grafik perbandingan daya yang dihasilkan dari variasi jumlah *blade* tersebut, dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari kajian hasil penelitian dapatlah ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Sistem buka tutup daun kincir (*blade*) dapat memutar kincir angin poros vertical.
- Penggunaan jumlah blade sebanyak 3 buah menghasilkan daya yang lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh 2 atau 4 buah 3 buah daun kincir (*blade*).
- Semakin besar hembusan angin meningkatkan daya yang dihasilkan.

- d. Daya maksimal diperoleh pada kecepatan 250 cm/detik, yaitu penggunaan 2 buah blade menghasilkan daya 0,134 Watt, 3 buah blade menghasilkan daya 0,16 Watt dan penggunaan 4 buah blade menghasilkan daya 0,15 Watt.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu perlu dilakukan lanjutan terhadap:

- a. Penyebab penggunaan 3 blade menghasilkan daya lebih besar dari 4 blade.
- b. Teknik mempercepat menutupnya blade.
- c. Penggunaan blade dengan tekstur permukaan aerodinamik.

DAFTAR PUSTAKA

- Huda S. dan Arief I.S. 2014, *Analisa Bentuk Profile dan Jumlah Blade Vertical Axis Wind Turbine Terhadap Putaran Rotor untuk Menghasilkan Energy Listrik*, Jurnal Teknik Pomits Vol. 3, No. 1, (2014) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)
- Hatmojo S., Darmanto S., dan Setioko B., 2007, *Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk Penggerak Peralatan Sederhana*, Riptek, Vol. 1 No.1, November 2007, Hal. 19-26
- Lesmana G.E, Ismail dan Dewanto Y., (2012), *Rancangan Turbin Angin Type Darrieush Menggunakan Analisis Banyak Sudu pada Rotor Turbin*, Politeknologi Vol. 11 No. 3, Hal. 247
- Marnoto Tjukup, 2011, *Peningkatan Kincir Angin Poros Vertikal Melalui Sistem Buka Tutup Sirip pada 3 Sudu*, Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta.
- Ruzita S., dan Aidil Z., 2013, *Rancang Bangun Miniature Turbin Angin Pembangkit Listrik*, Jurnal Teknik Mesin Vol. 3, No. 2, Oktober 2013 : 1 – 8