

KAJI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN DARRIEUS-H DENGAN BILAH TIPE NACA 2415

Giri Saputra¹, Azridjal Aziz², Rahmat Iman Mainil³

Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹girisaputra_39@yahoo.co.id, ²azridjal@yahoo.com, ³rahmat.iman@gmail.com

ABSTRACT

The wind turbine is divided into two types: vertical axis wind turbine and horizontal axis wind turbine. A vertical axis wind turbine is likely better than horizontal axis due to unaffected by the direction of the wind and capable for rotating at low wind speeds. The Darrieus-type H is one of vertical wind turbines type, with rotor structure of H-shaped, which capable for a low speed of wind flow areas. Sequence, it meets the Riau Province areas to apply one. This research aim is to test the performance of implementation of a vertical axis wind turbine model, Darrieus type-H blades with naca 2415 in Riau Province area. This research used an experimental method to investigate the vertical axis wind turbine models, Darrieus type-H blades with naca 2415. The wind speeds were chosen on 3.87 m/s, 4.53 m/s, 5.06 m/s, which used a fan as the wind source. Then, the wind of fan was flowed through a simple wind tunnel. The pitch angel was set on 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 80° and 90°, with a load of 250 grams. The results were obtained the optimum performance on a pitch angel of 90°, at wind speed of 3.87 m/s for power generated 0.27 Watts, and the efficiency of 3.81%.

Keyword: Pitch angel, Darrieus-H, coefficient of performance

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa membuat Indonesia memiliki dua musim yang cukup panjang. Hal tersebut membuat Indonesia merupakan salah satu Negara dengan potensi angin yang cukup memadai. Indonesia yang merupakan negara kepulauan yang 2/3 wilayahnya adalah lautan dan mempunyai garis pantai ±80.791 km dan salah satu Negara yang terletak di garis khatulistiwa yang merupakan faktor bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang cukup melimpah (Yudha dalam Siregar, 2014).

Pengelompokan potensi angin wilayah Indonesia yang di lakukan oleh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dengan survei yang dilakukan pada 120 titik wilayah Indonesia memaparkan bahwa hasil survei wilayah tersebut menghasilkan beberapa wilayah Indonesia memiliki kondisi kecepatan angin mampu mencapai diatas 5 m/s dengan lokasi diantaranya Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan dan Pantai Selatan Jawa (Putranto et.al, 2011). Pengelompokan wilayah dari potensi angin berdasarkan kelasnya dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1 Pengelompokan Potensi Angin Berdasarkan Kelas (Putranto et.al, 2011)

KELAS	Kec. Angin (m/s)	Daya Spesifik (W/m ²)	Kapasitas (kW)	Lokasi
Skala Kecil	2,5 - 4,0	< 75	s/d 10	Jawa, NTB, NTT, Maluku, Sulawesi
Skala Menengah	4,0 - 5,0	75 - 150	10 - 100	NTB, NTT, Sulsel, Sultra
Skala Besar	>5,0	> 150	> 100	Sulsel, NTB, NTT, Pantai Selatan Jawa

Pada tahun 2014 Indra Herlamba Siregar meneliti tentang perubahan sudut *pitch* yang besar terhadap kinerja *low solidity* turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe-H dengan bilah *profile* NACA 0018, dimana hasil penelitian memaparkan bahwa kinerja turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe-H yang optimum diperoleh pada sudut *pitch* 15° dengan kecepatan angin 3 m/s dengan daya $4,86 \times 10^{-2}$ Watt dan koefisien kinerja 7,841%.

El-Samanoudy, et.al pada tahun 2010 meneliti kinerja turbin sumbu vertical Darrieus tipe-H dengan parameter uji *profile* bilah NACA 0024, NACA 4420 dan NACA 4520 dengan panjang *chord* untuk setiap profil dengan ukuran yaitu 8 cm, 12 cm dan 15 cm dengan panjang span 70 cm. Kemudian sudut *pitch*nya bervariasi 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60° dan -10° dimana hasil penelitian memaparkan bahwa kinerja turbin diperoleh pada profil NACA 004 panjang *chord* 15 cm, sudut *pitch* 10° dan *radius* 40 cm dimana pada kondisi ini terjadi kenaikan kinerja sebesar 25 %.

Tujuan Penelitian ini adalah Untuk mengetahui daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin dengan tipe Darrieus-H menggunakan 4 bilah NACA 2415.

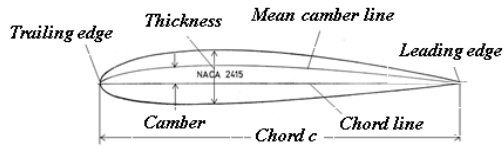
Energi angin ditimbulkan karena adanya udara yang bergerak akibat perbedaan temperatur tinggi ke temperatur rendah. Perbedaan temperatur tersebut

diakibatkan dari reaksi fusi nuklir hidrogen (H) yang bereaksi menjadi helium (He) pada inti matahari. Reaksi ini menimbulkan panas dan radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke segala arah (Napitupulu, 2014).

Profil turbin angin Darrieus-H dibentuk berdasarkan koordinat *airfoil* yang ditetapkan oleh NACA. Ditinjau berdasarkan bentuk *blade* bahwa turbin angin Darrieus-H menerapkan prinsip kerja dengan mengeksploitasi gaya angkat (*lift force*) yang terjadi akibat bentuk struktur permukaan *blade* NACA yang berbenturan langsung dengan aliran angin. Kelemahan utama dari turbin angin Darrieus yaitu yakni memiliki torsi awal berputar yang sangat kecil hingga tidak dapat melakukan *self start*. Pada aplikasinya, turbin angin Darrieus selalu membutuhkan perangkat bantuan untuk melakukan putaran awal (Sitepu, 2013).

Pada *airfoil* NACA seri empat digit, digit pertama menyatakan persen maksimum *chamber* terhadap *chord*. Digit kedua menyatakan persepuluh posisi maksimum *chamber* pada *chord* dari *leading edge*. Sedangkan dua digit terakhir menyatakan persen ketebalan *airfoil* terhadap *chord* (Mulyadi, 2010). Contohnya *airfoil* yang digunakan pada penelitian ini adalah *airfoil* NACA 2415. *Airfoil* NACA 2415 ini memiliki arti sebagai berikut:

- Maksimum *chamber* 2 %.
- Posisi maksimum *chamber* berada 40 % dari panjang *chord* diukur dari *leading edge*.
- Dan memiliki ketebalan maksimum 15 % dari panjang *chord*.



Gambar 1 Bilah Turbin Angin Tipe NACA 2415

(http://www.pilotfriend.com/training/flight_training/aero/forces.htm)

Parameter-Parameter Turbin Angin

Daya yang terdapat pada angin merupakan energi kinetik yang merupakan potensi daya yang terkandung pada udara yang bergerak yang diformulasikan pada persamaan 1 berikut (Hau, 2006):

$$P_a = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Yang dalam hal ini:

ρ : Massa jenis udara (kg/m^3)

A : Luas sapuan (m^2)

V : kecepatan angin (m/s)

Torsi adalah perkalian vektor antara jarak sumbu putar dengan gaya yang bekerja pada titik yang berjarak dari sumbu pusat dengan persamaan seperti yang dirumuskan pada persamaan 2 berikut (Prabowo, 2011):

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

Yang dalam hal ini:

T : torsi yang dihasilkan (Nm)

F : gaya pada poros akibat puntiran (N)

r : jarak atau jari-jari lengan ke poros (m)

Daya turbin adalah kemampuan turbin dalam mengekstrak daya angin yang ada dengan menggunakan persamaan 3 berikut (Prabowo, 2011):

$$P_t = T \cdot \omega \quad (3)$$

Yang dalam hal ini:

T : torsi (Nm)

ω : kecepatan sudut, (rad/s)

Tip Speed Ratio (TSR) adalah perbandingan antara kecepatan ujung sudu turbin angin yang berputar dengan kecepatan angin yang diformulasikan pada persamaan 4 berikut (Prabowo, 2011):

$$\text{TSR} = \frac{2 \pi r n}{60 v} \quad (4)$$

Yang dalam hal ini:

r : jari-jari turbin angin (m)

n : putaran poros turbin tiap menit (RPM)

v : kecepatan angin (m/s)

Koefisien Daya (CP) adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh turbin (P_t) dengan daya yang disediakan oleh angin (P_a) sehingga dapat diformulasikan pada persamaan 5 berikut (Prabowo, 2011):

$$\text{CP} = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\% \quad (5)$$

Yang dalam hal ini:

CP : koefisien daya (%)

P_t : daya yang dihasilkan oleh turbin (Watt)

P_a : potensi daya pada angin (Watt)

2. Bahan dan Metode

Spesifikasi *prototype* turbin angin Darrieus-H adalah sebagai berikut:

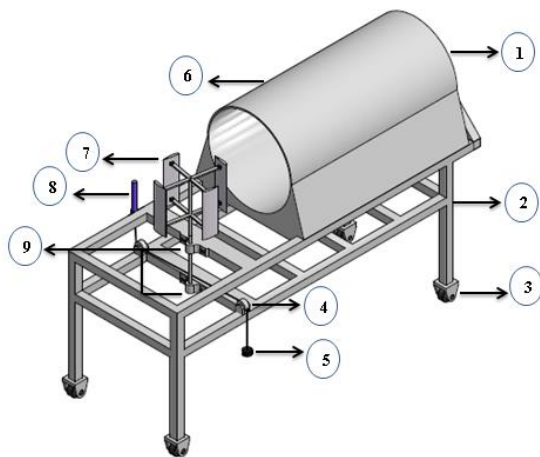
Tabel 2 Spesifikasi *Prototype* Turbin Angin

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Jenis	Sumbu vertikal
2	Diameter	500 mm
3	Tinggi	500 mm
4	Lengan	Besi pelat
5	Jumlah sudu	4

Tabel 3 Spesifikasi Sudu Turbin Angin

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Profil sudu	NACA 2415
2	<i>Chord</i> (c)	160 mm
3	Tinggi	500 mm
4	Bahan	Pelat aluminium 0.4 mm
5	Jumlah sudu	4

Desain dari *prototype* alat uji turbin angin Darrieus-H seperti pada gambar 2 berikut:

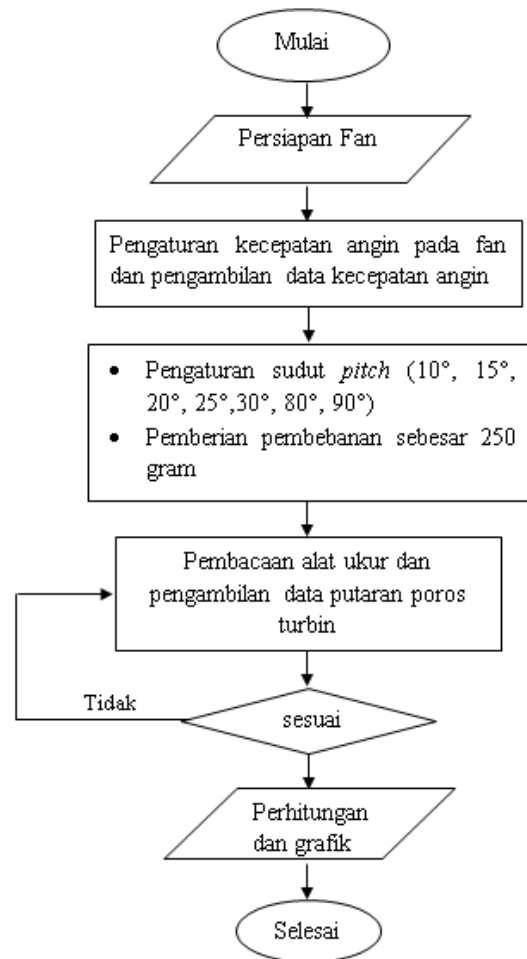


Gambar 2 Rangkaian Alat Uji Turbin Angin Darrieus-H

Keterangan gambar:

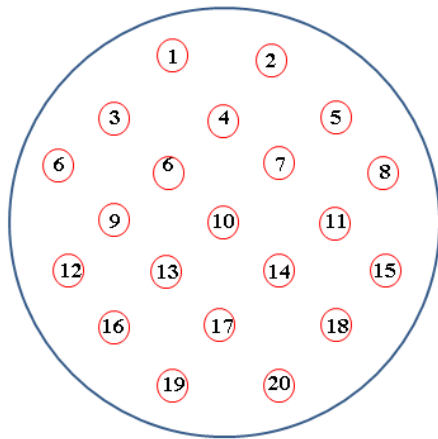
1. Kipas angin
2. Rangka alat uji
3. Roda penyangga
4. *Pulley*
5. Beban
6. Terowongan angin
7. *Blade* NACA 2415
8. Neraca pegas
9. *Bearing*

Prosedur pengujian turbin angin tipe Darrieus-H dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



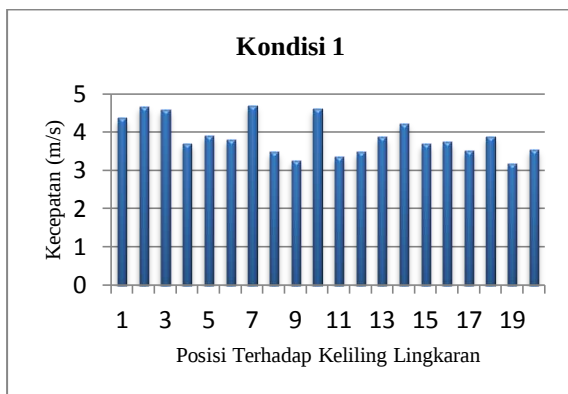
Gambar 3 Prosedur Pengujian Turbin Angin

Metode pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan cara mengukur kecepatan angin pada beberapa titik saat angin keluar melalui lingkaran *wind tunnel*. Penggunaan terowongan angin (*wind tunnel*) pada penelitian ini diharapkan dapat memaksimalkan potensi kecepatan angin yang akan diterima turbin. Penempatan letak turbin angin pada penelitian ini diletakan sedekat mungkin dengan sisi terowongan angin. Pada posisi tersebut diperkirakan bahwa kecepatan angin berada pada kondisi optimal dan diharapkan untuk mampu mengurangi efek angin luar sehingga turbin diletakan dekat sekali dengan *wind tunnel*. Pengambilan kecepatan angin pada 20 titik pengujian dilakukan seperti pada gambar 4 berikut:

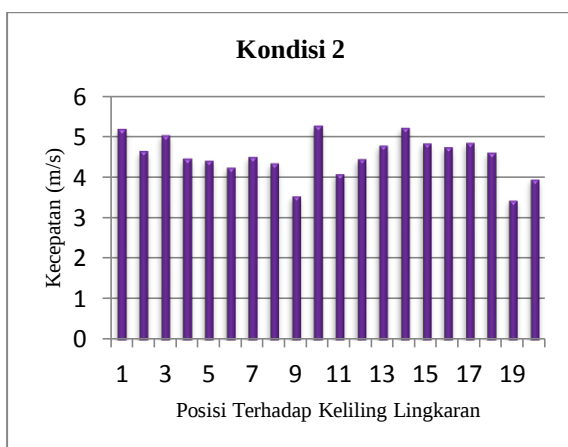


Gambar 4 Skema Pengukuran Kecepatan Angin (dilihat dari samping)

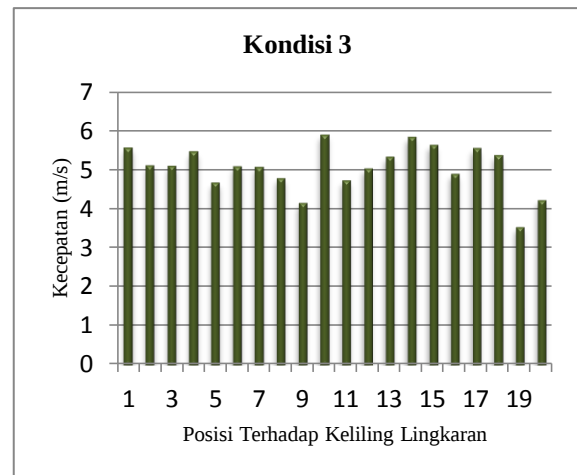
Berdasarkan skema pengukuran data kecepatan angin pada 20 titik pengambilan diperoleh diagram seperti pada gambar berikut:



Gambar 5 Data Kecepatan Angin Pada Kondisi 1

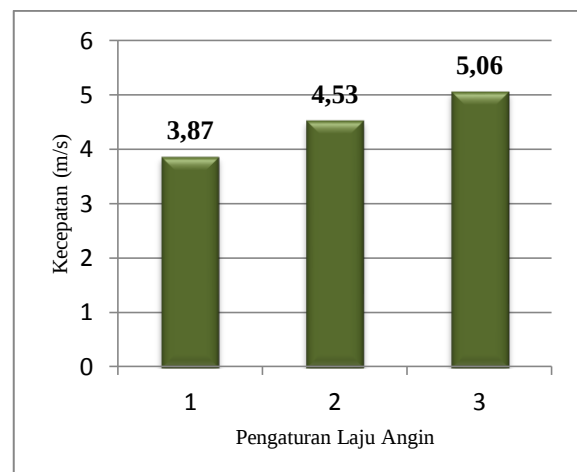


Gambar 6 Data Kecepatan Angin Pada Kondisi 2



Gambar 7 Data Kecepatan Angin Pada Kondisi 3

Berdasarkan dari 20 titik pengambilan data kecepatan angin setelah melewati *wind tunnel* pada ketiga kondisi kecepatan angin sehingga dapat dirata-ratakan dengan hasil rata-rata dapat dilihat pada gambar 8 berikut:



Gambar 8 Kecepatan Rata-Rata Dari 3 Pengaturan Kecepatan Angin Pada Fan

3. Hasil dan Pembahasan

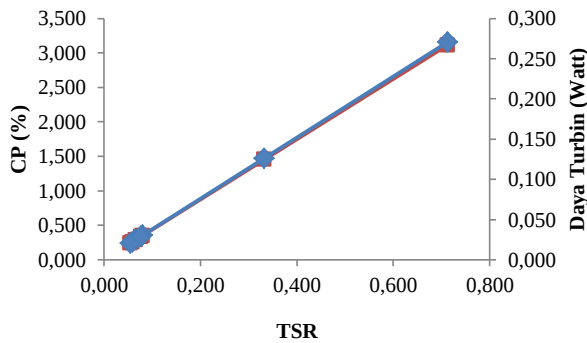
Berikut ini adalah data hasil pengujian dan perhitungan beberapa parameter turbin angin dengan jumlah *blade* 4 buah dan variasi kecepatan angin serta sudut *pitch* yang ditunjukkan pada tabel berikut:

- Pada kecepatan 3,87 m/s

Hasil perhitungan turbin angin darries-H pada kecepatan 3,87 m/s sebagai berikut:

Tabel 4 Daya Dan Efisiensi Turbin Angin Pada Kecepatan 3,87 m/s

Angin (m/s)	Beban (gr)	Sudut Pitch (°)	n (RPM)	Daya Angin (W)	Torsi (Nm)	TSR	Daya Turbin (W)	CP (%)
3.87	250	10	11.8	8.69	0.025	0.08	0.030	0.3
		15	9.7	8.69	0.025	0.07	0.025	0.3
		20	8.6	8.69	0.025	0.06	0.022	0.3
		25	8	8.69	0.025	0.05	0.021	0.2
		30	11.3	8.69	0.025	0.08	0.029	0.3
		80	49.1	8.69	0.025	0.33	0.126	1.5
		90	105.3	8.69	0.025	0.71	0.270	3.1



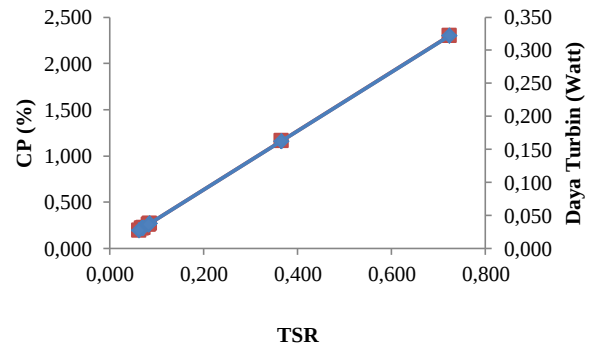
Gambar 9 Nilai TSR Terhadap CP Dan Daya Turbin Yang Dihasilkan

- Pada kecepatan 4,53 m/s

Hasil perhitungan turbin angin darries-H pada kecepatan 4,53 m/s sebagai berikut:

Tabel 5 Daya Dan Efisiensi Turbin Angin Pada Kecepatan 4,53 m/s

Angin (m/s)	Beban (gr)	Sudut Pitch (°)	n (Rpm)	Daya Angin (W)	Torsi (Nm)	TSR	Daya Turbin (W)	CP (%)
4.53	250	10	14.8	13.99	0.025	0.085	0.038	0.272
		15	12.3	13.99	0.025	0.071	0.032	0.226
		20	11.9	13.99	0.025	0.069	0.031	0.218
		25	10.8	13.99	0.025	0.062	0.028	0.198
		30	14.3	13.99	0.025	0.083	0.037	0.262
		80	63.4	13.99	0.025	0.366	0.163	1.163
		90	125.4	13.99	0.025	0.724	0.322	2.301



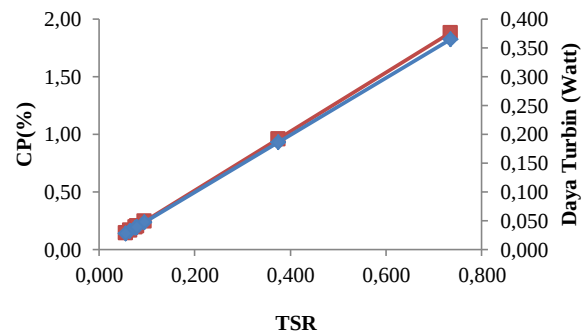
Gambar 10 Nilai TSR Terhadap CP dan Daya Turbin Pada Kecepatan 4,53 m/s

- Pada kecepatan 5,03 m/s

Hasil perhitungan turbin angin darries-H pada kecepatan 5,03 m/s sebagai berikut:

Tabel 6 Daya Dan Efisiensi Turbin Angin Pada Kecepatan 5,03 m/s

Angin (m/s)	Beban (gr)	Sudut Pitch (°)	n (RPM)	Daya Angin (W)	Torsi (Nm)	TSR	Daya Turbin (W)	CP (%)
5.06	250	10	18.4	19.38	0.025	0.095	0.047	0.244
		15	14.7	19.38	0.025	0.076	0.038	0.195
		20	12.5	19.38	0.025	0.065	0.032	0.166
		25	10.8	19.38	0.025	0.056	0.028	0.143
		30	15.2	19.38	0.025	0.079	0.039	0.201
		80	72.3	19.38	0.025	0.374	0.186	0.958
		90	141.9	19.38	0.025	0.735	0.364	1.880



Gambar 11 Nilai TSR Terhadap CP dan Daya Turbin Pada Kecepatan 5,03 m/s

Berdasarkan ketiga kondisi kecepatan angin yang digunakan bahwa nilai daya turbin maksimum terjadi pada kecepatan angin 5,06 m/s pada sudut 90° dan TSR 0,735 dengan daya yang dihasilkan sebesar 0,36 Watt.

Namun, kondisi efisiensi (CP) maksimum terjadi pada kecepatan angin 3,87 m/s pada sudut 90° dan TSR 0,71 dengan efisiensi sebesar 3,1%, hal tersebut terjadi karena perbandingan adanya daya yang terkandung pada angin dan juga daya yang dihasilkan oleh turbin. Daya turbin maupun efisiensi yang diperoleh turbin angin Darrieus-H pada penelitian ini tergolong cukup rendah hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

- Proses pembuatan komponen-komponen turbin angin yang kurang profesional dikarenakan keterbatasan alat, biaya maupun kemampuan dari penulis.
- Efisiensi bentuk sudu yang rendah karena massa dari turbin dan plat aluminium sudu mengalami deformasi sehingga profil NACA 2415 tidak terbentuk sempurna, sehingga mengakibatkan gaya angkat yang dihasilkan sudu kurang maksimal.

4. Kesimpulan

1. Daya maksimum yang dihasilkan turbin angin Darrieus-H sebesar 0,364 Watt terjadi pada kecepatan angin 5,06 m/s dan sudut 90°.
2. Efisiensi maksimum yang mampu dihasilkan turbin terjadi pada kecepatan angin rendah yaitu pada kecepatan angin 3,87 m/s pada sudut 90° dengan efisiensi sebesar 3,1%.

Daftar pustaka

- [1] El-Samanoudy. M, A.A.E. Ghorab, Sh.Z. Youssef., 2010, *Effect Of Some Design Parameters On The Performance Of A Giromill Vertical Axis Wind Turbine*, *Ain Shams Engineering Journal* vol 1, pp. 85–
- [2] Hau, Erich., 2006, “*Wind Turbines; Fundamentals, Technologies, Application, Economics*”. 2nd Edition. Springer-Verlag, Berlin Heidenberg. ISBN- 103-540 24240-6
- [3] Herlamba, Siregar, Indra. 2014. “Komparasi Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dengan Bilah Profil NACA 0018 Dengan Dan Tanpa *Wind Deflector* ” Universitas Negeri Surabaya, *Jurnal Teknik Mesin* vol. 1 No. 1,
- [4] Mulyadi, Muhamad, 2010, “Analisis Aerodinamika Pada Sayap Pesawat Terbang Dengan Menggunakan Software Berbasis *Computational Fluid Dynamics (CFD)*”, Universitas Gunadarma.
- [5] Napitupulu, Ekawira. K, 2013, “Uji Performansi Turbin Angin Tipe Darrieus-H Dengan Profil Sudu NACA 0012 Dan Analisa Perbandingan Efisiensi Menggunakan Variasi Jumlah Sudu Dan Sudut *Pitch*”, Universitas Sumatra Utara, *Jurnal Dinamis* vol. II No. 14
- [6] Sitepu, Andinata, 2013, “Uji Performansi Turbin Angin Tipe Darrieus-H Dengan Profil Sudu NACA 4415 Dan Analisa Perbandingan Efisiensi Menggunakan Variasi Jumlah Sudu Dan Sudut *Pitch*”, Universitas Sumatra Utara.
- [7] Prabowo, Eko, Andryanto, Stefanus, 2011, “Unjuk Model Kincir Angin Poros Vertikal Dengan Empat Sudu Yang Membuka Dan Menutup Secara Otomatis Dengan Variasi Diameter”, Universitas Sanata Dharma.

- [8] Putranto, Adityo. et.al, 2011, “Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerbangan Rumah Tangga”, Universitas Diponegoro
- [9] http://www.pilotfriend.com/training/fli ght_training/aero/forces.htm (diakses tanggal 14 januari 2014)