

Model Turbin Angin Tiga Baling - Baling dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara untuk Menghasilkan Daya Listrik yang Optimum

Vidhi Aksananto, F.A. Widiharsa*, Moch. Ma'ruf

*Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang
Jalan Taman Agung 1 Malang Indonesia*

*fransiskus.widiharsa@unmer.ac.id

Abstrak— Angin merupakan udara yang bergerak dari satu tempat ke tempat lain yang mempunyai energi kinetik. Energi kinetik dari angin sangat potensial untuk dikonversikan menjadi energi lain tanpa menimbulkan persoalan polusi. Turbin angin merupakan alat untuk mengkonversikan energi kinetik menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengantisipasi terjadinya kelangkaan energi fosil di Indonesia dengan cara memanfaatkan energi baru dan terbarukan. Dalam penelitian ini, energi alternatif diperoleh dari energi angin yang menggerakkan turbin angin tiga baling - baling dengan variasi kecepatan aliran udara yang terbaik antara 3 m/s – 8 m/s. Perbedaan kecepatan angin pada turbin angin sangat berpengaruh pada voltage, arus, daya, dan efisiensi turbin yang didapatkan. Hasil dari penelitian ini adalah kecepatan angin yang paling optimum yaitu 7m/s dimana dihasilkan putaran rotor semakin naik, voltage juga semakin naik, dan arus mendapatkan hasil terbaik, yaitu dengan putaran rotor 634,22 Rpm, voltage 1,95 volt, arus listrik 3,85 miliampere, dan daya listrik 0,00751 watt.

Kata kunci— Turbin Angin, Baling - Baling, Aliran Udara, Daya Listrik.

Abstract— Wind is air that moves from one place to another that has kinetic energy. Kinetic energy from wind is very potential to be converted into other energy without causing pollution problems. Wind turbines are a tool to convert kinetic energy into mechanical energy in the form of spins on the shaft. The purpose of this research is to anticipate the occurrence of fossil energy scarcity in Indonesia by utilizing new and renewable energy. In this study, alternative energy was obtained from wind energy that drives three propeller wind turbines with the best airflow speed variation between 3 m/s – 8 m/s. The difference in wind speed in wind turbines greatly affects the voltage, current, power, and efficiency of turbines obtained. The result of this study is the most optimum wind speed of 7m/s where the rotor rotation is increasing, the voltage is also increasing, and the current gets the best results, namely with a rotor rotation of 634.22 Rpm, voltage of 1.95 volts, electric current of 3.85 milliampere, and electric power of 0.00751 watts.

Keywords— Wind Turbine; Propeller; Air Flow; Electrical power.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia yang berkembang secara pesat, hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan dan produksi energi itu sendiri. Untuk mengantisipasi terjadinya kelangkaan energi di Indonesia, maka perlu digalakkan penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) yang potensinya sangat melimpah di Indonesia, dimana penggunaannya belum optimal. Kebutuhan energi sektoral yang belum efisien seperti rumah tangga, transportasi, industri, dan komersial untuk kedepannya dimaksimalkan penyediaan dan pemanfaatan energi terbarukan sebagai penyeimbang. Mengapa mengembangkan energi baru dan energi terbarukan, karena: 1. Cadangan energi fosil (BBM, Gas, Batu Bara) terbatas; 2. Energi fosil tidak bisa lagi diandalkan sebagai sumber energi utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dimasa depan; 3. Energi fosil menghasilkan emisi yang merusak lingkungan; 4. Indonesia memiliki sumber energi terbarukan yang sangat besar; 5. Sumber energi terbarukan menjadi andalan sumber energi Indonesia dimasa depan yang ramah lingkungan.

Upaya alternatif yang dilakukan untuk mengatasi kelangkaan energi ini antara lain, melakukan konversi energi dari energi kinetik menjadi energi listrik dengan alat yaitu turbin angin menggunakan energi angin. Bauran energi angina di Indonesia yang melimpah dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin angin. Menurut data dari *Institute for Essential Services Reform (IESR)* potensi energi angin di Indonesia adalah 60,647 MW, kapasitas terpasang sebesar 3,1 MW, sedangkan yang sudah dimanfaatkan sebesar 0,01% (2017). Salah satu kelengkapan turbin angin adalah baling-baling atau sudu. Fungsi dari sudu adalah untuk mengkonversi atau mengubah momentum suatu fluida yang

mengenai sudu yang selanjutnya dikembangkan sebagai gaya dorong. Sudu tidak dapat dirancang menurut teori momentum meskipun ada hubungan antara sistim aliran fluida dengan sudu. Turbin angin dapat menghasilkan energi dari angin yang menabrak luasan sudu-sudu yang menghalanginya. Perhitungan untuk mengetahui besarnya energi yang diperoleh dari angin tergantung pada (ρ) = densitas udara (kg/m^3), luas penampang (A) yang di tabrak oleh angin (m^2) dan kecepatan angin (m/s).

Permasalahan yang timbul adalah bagaimana cara penulis untuk dapat menangkap sebanyak-banyaknya aliran angin yang menabrak sudu atau baling-baling. Berdasarkan uraian latar belakang dalam penelitian ini adalah: 1. Untuk melihat dampak aliran udara yang dapat mengakibatkan terjadinya energi kinetik dan sangat potensial untuk menggerakkan turbin angin; 2. Pengaruh jumlah sudu dan pengarah aliran udara akan memberikan dampak yang mampu menghasilkan voltage dan arus listrik yang optimum, dibuat sebagai model; 3. Pengaruh jumlah sudu dan pengarah aliran udara akan memberikan dampak yang mampu menghasilkan daya listrik yang optimum.

Manfaat mengetahui dampak aliran udara yang dapat mengakibatkan terjadinya energi kinetik dan sangat potensial untuk menggerakkan turbin angin adalah: 1. Pengaruh jumlah sudu dan pengarah aliran udara akan memberikan model karakteristik turbin, dampaknya dapat diketahui dari meningkatnya putaran dan torsi pada poros sehingga hasil dari putaran poros akan dikonversi menjadi energi listrik. 2. Energi listrik yang dihasilkan ini sangat potensial untuk mengisi baterai sebagai penerangan di pedesaan yang relatif belum teraliri listrik.

II. METODE PENELITIAN

a. Metode Eksperimen

Metode pengumpulan data secara langsung dengan melakukan pengujian pada objek menggunakan alat uji. Metode eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui dampak aliran udara yang dapat mengakibatkan terjadinya energi kinetik dan sangat potensial untuk menggerakkan turbin angin. Pengaruh jumlah sudu dan pengarah aliran udara akan memberikan model karakteristik yang dampaknya dapat diketahui dari meningkatnya putaran dan torsi pada sistem sehingga mampu menghasilkan daya yang optimum. Dalam metode ini penulis melakukan pengujian pada Laboratorium Uji Prestasi Mesin Universitas Merdeka Malang.

b. Metode Literatur

Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk memecahkan masalah dengan teori-teori yang didapat dari buku-buku penunjang sesuai masalah yang diteliti guna untuk memecahkan suatu permasalahan yang terdapat dalam kajian teori.

Penelitian ini bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya kelangkaan energi fosil di Indonesia dengan cara memanfaatkan energi alternatif yaitu energi angin melalui turbin angin dan menggunakan metode penelitian eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Uji Prestasi Mesin Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang. Waktu penelitian untuk pengambilan data dilakukan pada tanggal (2 April – 9 April 2021) pukul 09.00 – 11.00 WIB. Dalam melaksanakan penelitian, penulis mengambil data dari mesin uji *wind tunnel* dan benda uji menggunakan turbin angin tiga baling-baling dengan variasi kecepatan angin dan hasilnya berupa:

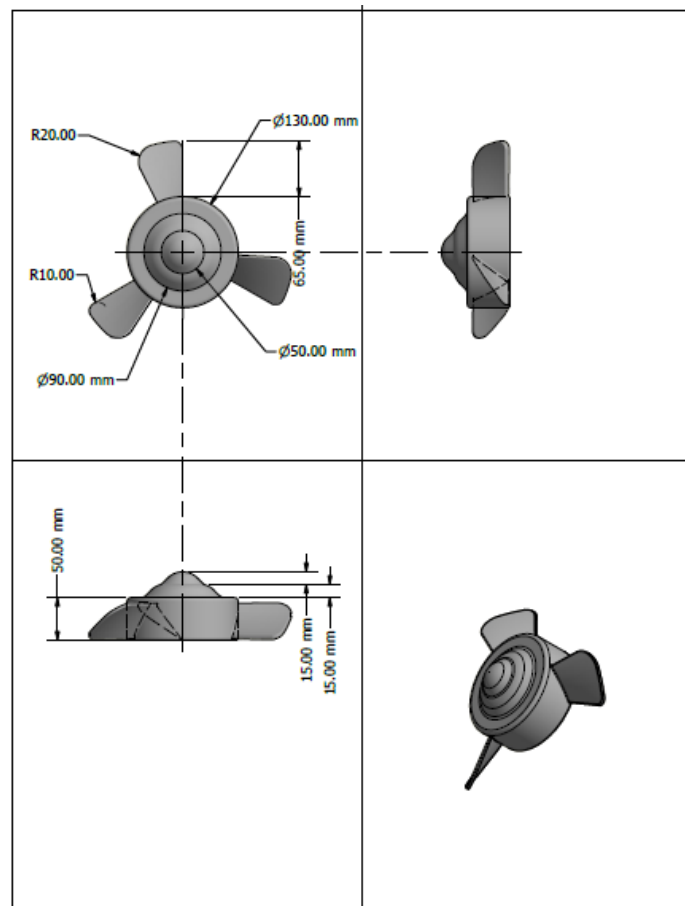
- a Putaran rotor (Rpm) yang dihasilkan tiap pengujian
- b Voltage (Volt) yang dihasilkan tiap pengujian
- c Arus (Ampere) yang dihasilkan tiap pengujian

c. Parameter penelitian

Ada 3 jenis parameter di dalam studi lapangan ini, yaitu:

1. Parameter Terikat
 - a Putaran rotor, voltage, dan arus
2. Parameter Bebas
 - a Kecepatan aliran udara
3. Parameter Kontrol
 - a Tiga jumlah sudu turbin angin
 - b Voltage lampu beban
 - c Dimensi atau ukuran turbin angin

d. Rangkaian Benda Uji



Gambar 1. Rancangan Turbin Angin Tiga Baling – Baling

III. HASIL PENELITIAN

a. Analisis data hasil pengujian

Temperatur ruangan	: 26 ⁰ C	Turbin angin	: 0,260 m
Tekanan ruangan	: 93,7 kPa	Luas penampang hidrolis	: 0,0531 m ²
ρ (udara)	: 1,09 kg/m ³	R udara	: 287 J/(kg.K)

TABEL 1
DATA HASIL PENGUJIAN

NO	KECEPATAN ANGIN (V)	PUTARAN ROTOR (n)	VOLTAGE LAMPU BEBAN	VOLTAGE YANG DITUNJUKKAN OLEH ALAT (V)	ARUS YANG DITUNJUKKAN OLEH ALAT (I)
	(m/s)	(Rpm)	(Volt)	(Volt)	(Miliampere)
1	3	245,53	12	0,88	2,62
2	4	381,28	12	1,28	3,77
3	5	508,03	12	1,6	3,15
4	6	566,23	12	1,78	3,32
5	7	634,22	12	1,95	3,85
6	8	727,87	12	2,2	2,95

b. Data hasil perhitungan

Hasil pengukuran diketahui:

1) Massa jenis udara pada lingkungan sekitar (ρ)

$$P = \rho \cdot R \cdot T$$

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T}$$

Dimana: Konstanta udara (R) = 287 (J/kg.K)
Suhu udara (T) = 299 K
Tekanan ruangan (P) = 93,7 kPa

$$\rho = \frac{93,7 \text{ kPa}}{287 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 299 \text{ K}}$$

$$\rho = 1,09 \text{ kg/m}^3$$

2) Luas Penampang Hidrolis (A)

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

Dimana: Diameter turbin angin (d) = 0,260 m

$$A = \frac{\pi}{4} \times 0,260^2 \text{ m}$$

$$A = 0,0531 \text{ m}^2$$

3) Daya Listrik (P_{Listrik})

$$P_{\text{Listrik}} = V \cdot I$$

Dimana: Tegangan listrik (V) = 0,88 volt

Arus yang mengalir (I) = 2,62 Miliampere = 0,00262 ampere

$$P_{Listrik} = 0,88 \text{ volt} \cdot 0,00262 \text{ ampere}$$

$$P_{Listrik} = 0,00231 \text{ watt}$$

4) Daya Angin (P_{Angin})

$$P_{Angin} = \frac{\pi}{8} \cdot \rho \cdot d^2 \cdot V^3$$

Dimana:

$$P_{Angin} = \frac{\pi}{8} \cdot 1,09 \text{ kg/m}^3 \cdot (0,260)^2 \text{ m}^2 \cdot (3)^3 \text{ m}^3/\text{s}^3 \cdot$$

$$P_{Angin} = 0,781262 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3 = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 \cdot \text{m}/\text{s} = \text{Nm}/\text{s} = \text{watt}$$

$$P_{Angin} = 0,78 \text{ watt}$$

5) Efisiensi Turbin Angin (η)

$$\eta = \frac{P_{Listrik}}{P_{Angin}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,00231 \text{ Watt}}{0,78 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,29 \%$$

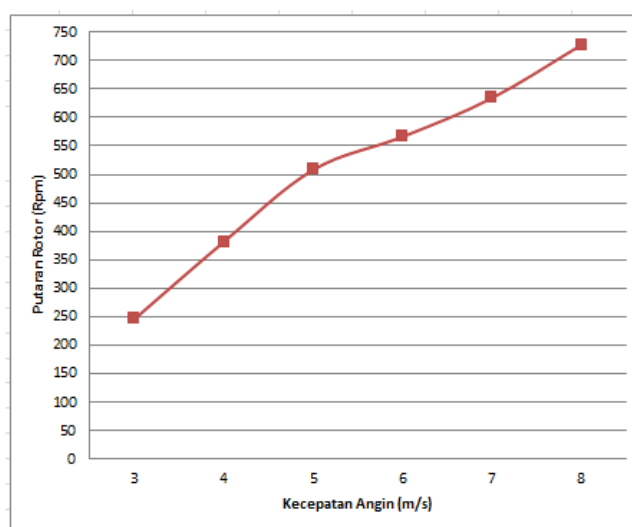
Data hasil perhitungan dihitung dengan rumus yang sama seperti perhitungan pada nomor 1)-5), kemudian disajikan pada tabel rekapitulasi 2.

TABEL 2
DATA HASIL PERHITUNGAN

DAYA LISTRIK ($P_{Listrik}$) (Watt)	DAYA ANGIN (P_{Angin}) (Watt)	EFISIENSI TURBIN ANGIN (%)
0.00231	0.78	0.29
0.00483	1.85	0.26
0.00504	3.62	0.14
0.00591	6.26	0.09
0.00751	9.94	0.08
0.00649	14.83	0.04

IV. PEMBAHASAN

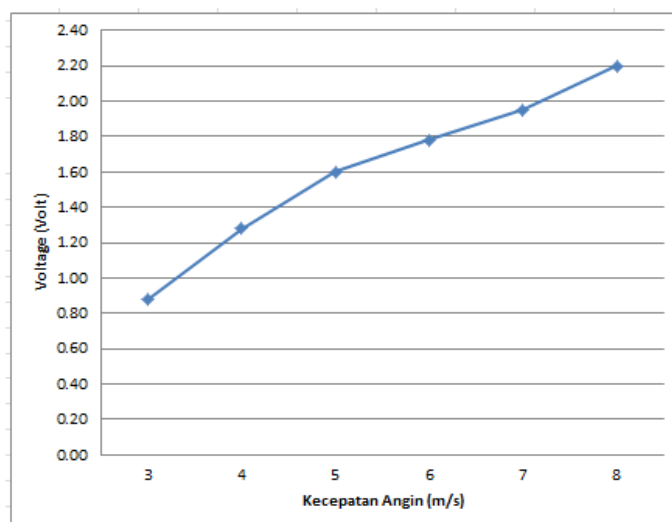
a. Analisis Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) dengan Putaran Rotor (Rpm)



Gambar 2. Grafik Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) dengan Putaran Rotor (Rpm)

Berdasarkan gambar 2 grafik hubungan perbandingan kecepatan angin (m/s) dengan putaran rotor (Rpm) dapat dilihat bahwa kecepatan angin (m/s) dan putaran rotor (Rpm) berbanding lurus dikarenakan kecepatan angin (m/s) yang semakin besar maka putaran rotor (Rpm) juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan kecepatan rotor dipengaruhi kecepatan angin yang menabrak baling – baling pada turbin. Apabila angin yang menabrak baling – baling semakin kencang maka putaran rotor semakin cepat. Apabila angin yang menabrak baling – baling semakin pelan, maka putaran rotor pelan juga. Putaran rotor paling besar yaitu pada kecepatan angin 8 m/s dengan nilai 727,87 Rpm, dan kecepatan rotor paling rendah yaitu pada kecepatan 3 m/s dengan nilai 245,53 Rpm.

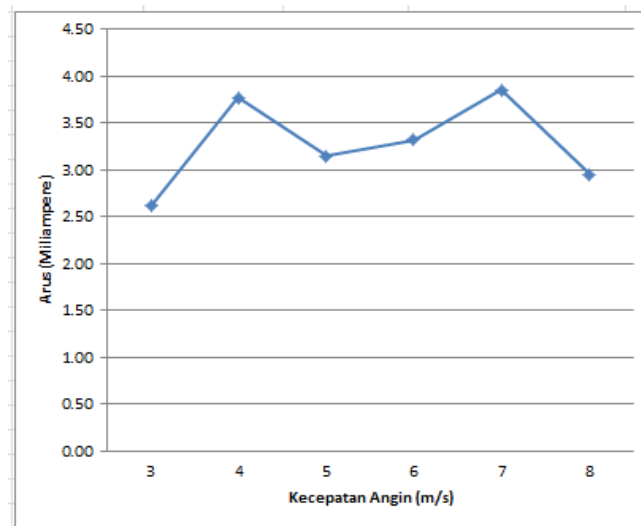
b. Analisis Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) dengan Voltage (Volt)



Gambar 3. Grafik Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) dengan Voltage (Volt)

Berdasarkan gambar 3 grafik hubungan perbandingan antara kecepatan angin (m/s) dengan voltage (Volt) dapat dilihat bahwa kecepatan angin (m/s) dan voltage (Volt) berbanding lurus dikarenakan kecepatan angin (m/s) yang semakin besar maka voltage (Volt) juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan besar voltage dipengaruhi kecepatan putaran rotor yang digerakkan oleh angin. Apabila putaran rotor semakin kencang maka voltage yang dihasilkan juga semakin besar. Apabila putaran rotor semakin pelan, maka voltage yang dibutuhkan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi akibat putaran rotor terhadap stator. Voltage yang paling besar yaitu pada kecepatan angin 8 m/s dengan nilai 2,2 volt, dan voltage paling rendah yaitu pada kecepatan 3 m/s dengan nilai 0,88 volt.

c. Analisis Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) dengan Arus (Ampere)



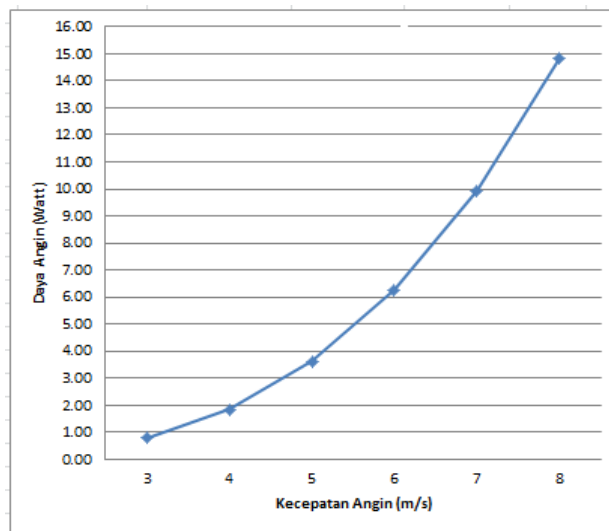
Gambar 4. Grafik Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) dengan Arus (Miliampere)

Berdasarkan gambar 4 grafik hubungan perbandingan antara kecepatan angin (m/s) dengan arus (ampere) dapat dilihat bahwa grafik tersebut mendapatkan hasil fluktuatif yaitu mengalami naik turun mulai dari kecepatan 3 m/s – 8 m/s, tetapi nilai arus tertinggi didapatkan pada kecepatan 7 m/s. Hal ini dapat terjadi dikarenakan oleh banyak faktor, diantaranya karena putaran baling – baling dan beban berat turbin angin. Disisi lain, arus dapat naik turun dikarenakan beban pada baling – baling turbin angin juga tidak sama, sehingga arus yang didapatkan mengalami fluktuatif. Nilai arus tertinggi didapatkan pada kecepatan 7 m/s dengan hasil 3,85 miliampere, dan nilai arus terendah didapatkan pada kecepatan 3 m/s dengan hasil 2,62 miliampere.

d. Analisis Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) dengan Daya Angin (Watt)

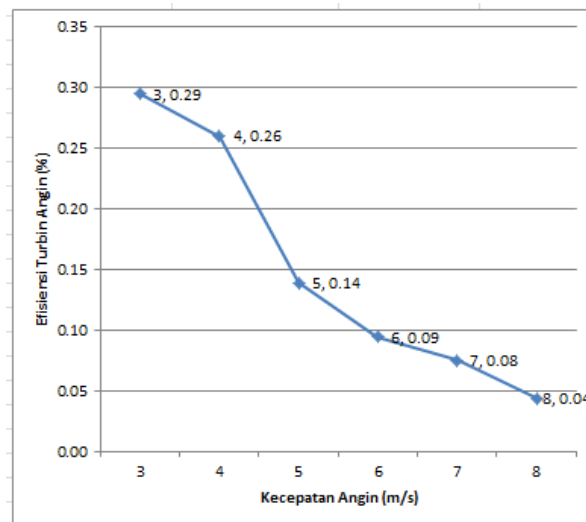
Berdasarkan gambar 5 hubungan perbandingan antara kecepatan angin (m/s) dengan daya angin (watt) di atas dapat diketahui apabila kecepatan aliran angin yang diterima oleh kincir semakin besar atau semakin cepat, maka daya angin yang didapatkan juga akan semakin besar, hal ini berbanding disebabkan karena kedua persamaan berbanding lurus.

$$P = \frac{\pi}{8} \cdot \rho \cdot d^2 \cdot V^3$$



Gambar 5. Grafik Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) Dengan Daya Angin (Watt)

e. Analisis Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) dengan Efisiensi Turbin Angin (%)



Gambar 6. Grafik Hubungan Perbandingan Antara Kecepatan Angin (m/s) Dengan Efisien Turbin Angin (%)

Berdasarkan gambar 6 hubungan perbandingan antara kecepatan angin (m/s) dengan efisiensi turbin angin (%) di atas dapat diketahui apabila kecepatan aliran angin yang diterima oleh turbin semakin cepat, maka efisiensi turbin angin yang didapatkan semakin turun, hal tersebut disebabkan banyaknya aliran udara yang tidak dapat ditangkap oleh turbin angin yang jumlah baling - balingnya hanya 3 dan relatif pendek karena menyesuaikan dengan luasan terowongan angin.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yang pertama dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat dampak aliran udara pada kecepatan angin 8 m/s didapatkan daya angin maksimal yaitu 14,83 watt, hasil yang terbaik yaitu diambil rata – rata pada

kecepatan 7 m/s, dikarenakan pada kecepatan 7 m/s sudah di dapatkan hasil yang maksimal, dimana putaran rotor semakin naik, voltage juga semakin naik, dan arus mendapatkan hasil terbaik, yaitu dengan putaran rotor 634,22 Rpm, voltage 1,95 volt, arus listrik 3,85 miliampere, dan daya listrik 0,00751 watt. Yang kedua dari data perhitungan yang didapatkan hasil daya listrik yang optimum pada kecepatan angin 7 m/s sebesar 0,00751 watt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan melalui Pelaksanaan Pekerjaan Perguruan Tinggi Penerima Bantuan Kerja Sama Kurikulum dan Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka Tahun 2021 dengan Nomor Kontrak 088/E2/PPK/SPK/KSKI-MBKM/2021 tertanggal 05 Mei 2021.

REFERENSI

- [1] EL - Wakil, M. M. (1984). *Powerplant Technology. Cetakan Pertama. Mc Graw Hill Book Company*. USA: Fong & Sons Printers Pte. Ltd.
- [2] Indonesia Wind Energy Society–IWES / Masyarakat Energi Angin Indonesia- MEAI <https://slideplayer.info/slide/11845989/>, November 2015
- [3] Jesse S. Doolittle, Francis J. Hale Thermodynamics for Energy, Department of Mechanical and Aerospace Engineering North Carolina State.
- [4] Latif, Melda. (2013). *Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah*. Jurnal Rekayasa Elektrika, 10(3), 147-152.
- [5] Munson, Bruce R. (2003). *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 4th edn, John Wiley & Sons Inc., New York.
- [6] *Ranald V. Giles, B.S., M.S. in C.E. Mekanika Fluida dan Hidraulika*. Ruslani, 1986. Dasar – Dasar Elektronika. Bandung :Sulita.
- [7] Saefulhak, Y., Mumpuni, T., & Tumiwa, F. (2017). *ENERGI TERBARUKAN: Energi untuk Kini dan Nanti*. Jakarta Selatan: Institute for Essential Services Reform (IESR).
- [8] Walker, Rocky. (2007). *Fluid Power Handbook & Directory*, Nevada, <http://www.hydraulicspneumatics.com>, December 2008.
- [9] Widiharsa, F.A. (2009). *Materi Kuliah Aerodinamika*. Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang.