

# Pengukuran Tegangan dan Kecepatan Turbin Angin Kecil dengan Arduino

Mochamad Wisnu Sugama, Mohammad Alexin Putra

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: sugamawisnu30@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

## ABSTRAK

*Pemanfaatan turbin angin untuk pembangkit listrik membutuhkan kecepatan angin yang relatif tinggi. Untuk menghasilkan listrik yang cukup besar diperlukan turbin angin mini yang cukup banyak. Oleh karena itu, letak posisi turbin angin sangat berpengaruh pada kinerja masing-masing turbin. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik turbin angin mini baik secara tunggal maupun secara grup. Untuk mengetahui karakteristik turbin angin mini baik secara tunggal maupun grup dilakukan dengan mengukur tegangan dan kecepatan putar yang dihasilkan oleh turbin angin mini menggunakan sensor tegangan dan sensor FC-51 dan menempatkan turbin-turbin angin mini sesuai dengan konfigurasi untuk pengujian turbin angin secara grup. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan untuk mengetahui karakteristik turbin angin mini, pada satu turbin angin mini dapat menghasilkan maksimum koefisien daya sebesar  $43,191 \times 10^{-5}$  pada kecepatan angin 4,2 m/s. pada saat pengujian tunggal, koefisien daya rata-rata sebesar  $14,384 \times 10^{-5}$  dan pengujian dengan menggunakan berbagai macam konfigurasi memiliki rata-rata koefisien daya sebesar  $8,627 \times 10^{-5}$ .*

**Kata kunci:** Turbin angin mini, Generator, Arduino uno.

## ABSTRACT

*Utilization of wind turbines for electricity generation requires relatively high wind speeds. To produce large enough electricity, a large number of mini wind turbines are needed. Therefore, the position of the wind turbine is very influential on the performance of each turbine. This study aims to determine the characteristics of mini wind turbines either singly or in groups. To be able to know the characteristics of mini wind turbines, either singly or in groups, it is done by measuring the voltage and rotational speed produced by the mini wind turbines using a voltage sensor and FC-51 sensor and placing the mini wind turbines according to the configuration for testing wind turbines in groups. Based on the results of tests and calculations to determine the characteristics of a mini wind turbine, one mini wind turbine can produce a maximum power coefficient of 43.191  $\times 10^{-5}$  at a wind speed of 4.2 m/s. at the time of a single test, the average power coefficient was 14.384  $\times 10^{-5}$  and tests using various configurations had an average power coefficient of 8.627  $\times 10^{-5}$ .*

**Keywords:** mini wind turbine, generator, Arduino uno.

## 1. PENDAHULUAN

Energi angin di Indonesia kurang dimanfaatkan karena kecepatannya yang rendah, turbin angin yang digunakan untuk angin kecepatan rendah dapat menggunakan turbin angin sumbu vertikal. Teknologi turbin angin skala besar bekerja dengan baik pada kecepatan antara 5 – 20 m/s, kurang dari 5 m/s lebih sesuai untuk diubah menjadi energi mekanik atau pembangkit listrik skala kecil (**Notosudjono, 2017**).

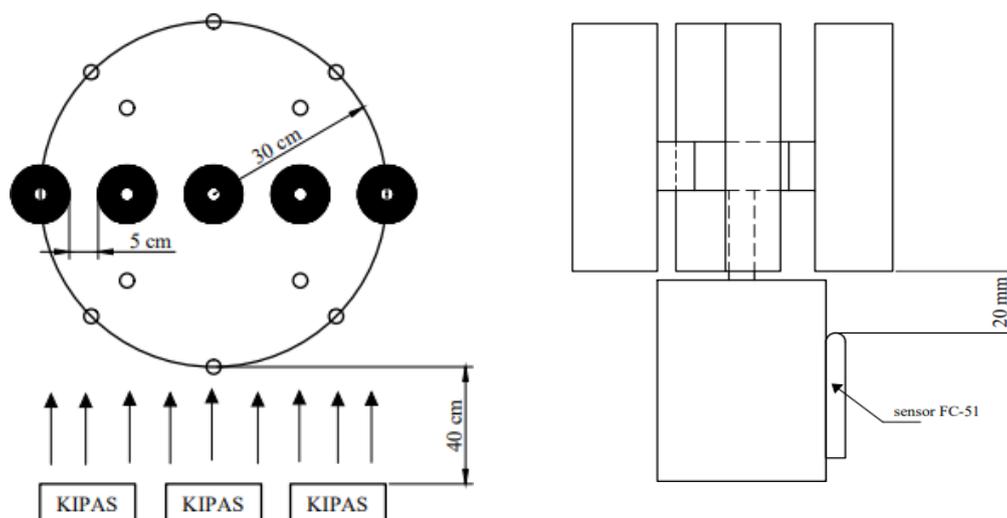
Turbin angin sumbu vertikal memiliki keunggulan yaitu tidak tergantung pada arah angin, konstruksi dan perangkat mekanik dan listriknya sederhana (**Nakhoda, 2015**). Prototype turbin angin savonius dengan ukuran rotor 0,35 m pada kecepatan angin 6 m/s memiliki daya 18,65 watt dengan koefisien daya 0,31 (**siregar, 2019**). Penempatan turbin angin savonius harus mempertimbangkan lokasi dan kecepatan angin (**Hasan dkk, 2012**). Jarak minimum antara turbin angin harus dijaga, jika tidak akan terjadi kehilangan daya sehingga ladang angin tidak beroperasi dengan tidak maksimal (**Eric Hau, 2006**). Energi yang dihasilkan dari satu turbin angin mini mampu untuk menghidupkan tiga buah rangkaian lampu LED selama 125,6 jam (**Firmansyah dkk, 2020**).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik turbin angin mini tunggal dan karakteristik dari 5 buah turbin angin mini. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan dan kecepatan putar turbin angin mini menggunakan arduino dengan 5 buah turbin angin mini yang diletakkan dalam berbagai macam konfigurasi.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Setup pengujian

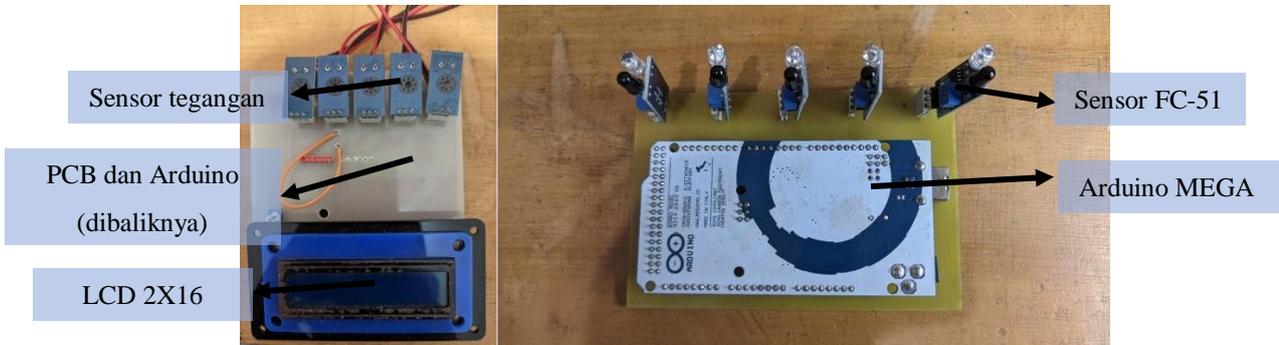
Pengujian dilakukan di area tertutup (ruangan) dengan menggunakan tiga buah kipas angin, lima set turbin angin mini, papan cardboard, alat ukur tegangan, alat ukur RPM, dan Laptop. Turbin angin mini disusun sedemikian rupa di atas cardboard dengan sensor tegangan dan sensor RPM yang sudah terpasang pada turbin angin mini, lalu ketiga buah kipas angin disusun berjajar sebagai sumber angin untuk memutar turbin angin mini. Untuk setup pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Setup Pengujian**

## 2.2. Alat Ukur

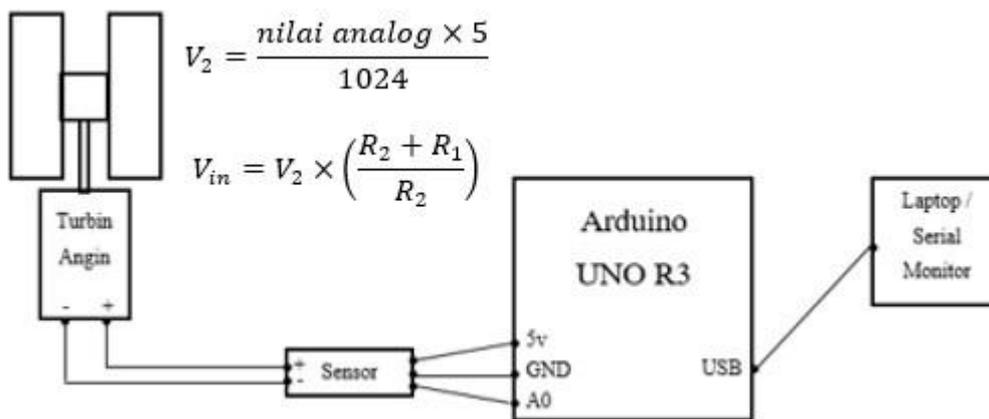
untuk mengukur tegangan dan kecepatan putar pada pengujian turbin angin mini menggunakan arduino alat ukur yang akan digunakan harus dirakit terlebih dahulu dengan menggunakan sensor tegangan dan sensor FC-51 seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2. Alat Ukur Untuk Pengujian Turbin Angin Mini Dengan Menggunakan Sensor Tegangan Dan Sensor FC-51**

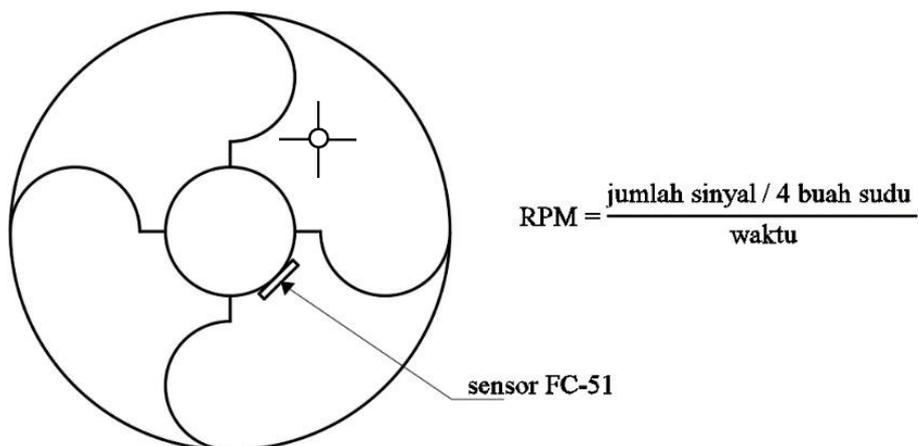
## 2.3. Konsep Pengukuran

Untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator pengukuran dilakukan menggunakan sensor tegangan dengan konsep pengukuran Voltage divider yaitu mengubah tegangan yang lebih besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Sensor tegangan memiliki dua buah resistor dengan nilai masing-masing  $R_1 = 30k\Omega$  dan  $R_2 = 7,5k\Omega$ . Nilai tegangan yang diizinkan oleh microcontroller hanya sebesar 5V dan dibaca sebagai nilai analog (0~1024). Berikut rangkain yang digunakan untuk konsep pengukuran tegangan pada Turbin Angin mini seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3. Konsep Pengukuran Tegangan**

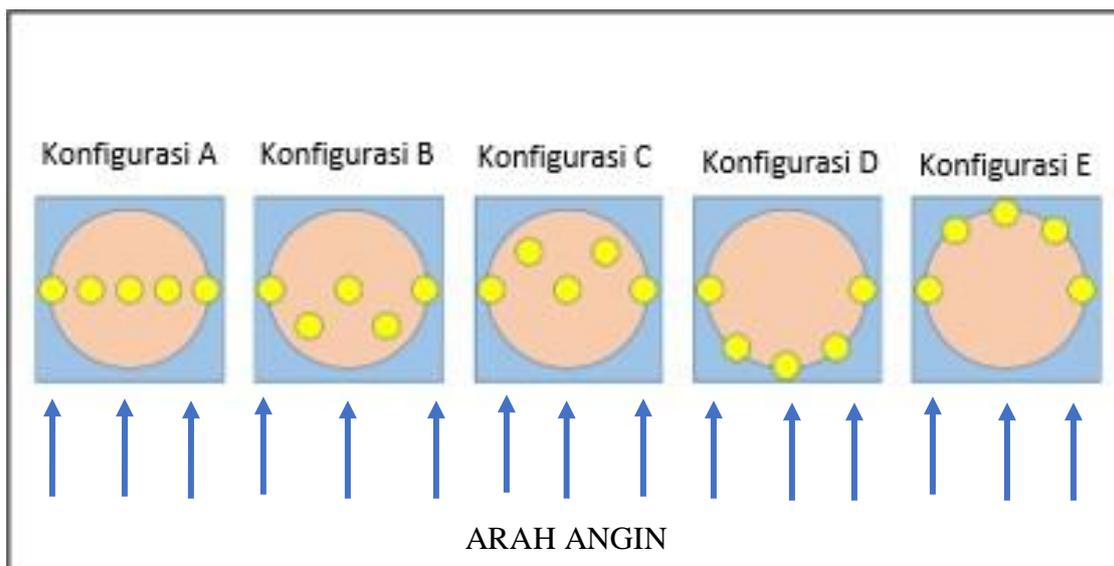
Sensor FC-51 yang terhubung dengan arduino digunakan untuk mengukur RPM pada turbin angin mini dengan cara menaruhnya dibawah rotor turbin angin mini. Nilai RPM pada turbi angin mini dapat diketahui ketika sensor menangkap sinyal berupa jumlah sudu yang melewati sensor putaran lalu dibagi dengan jumlah sudu yang ada pada turbin angin mini kemudian dibagi dengan waktu. Konsep pengukuran RPM dapat dilihat seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4. Konsep Pengukuran RPM**

**2.4. Bentuk-Bentuk Konfigurasi**

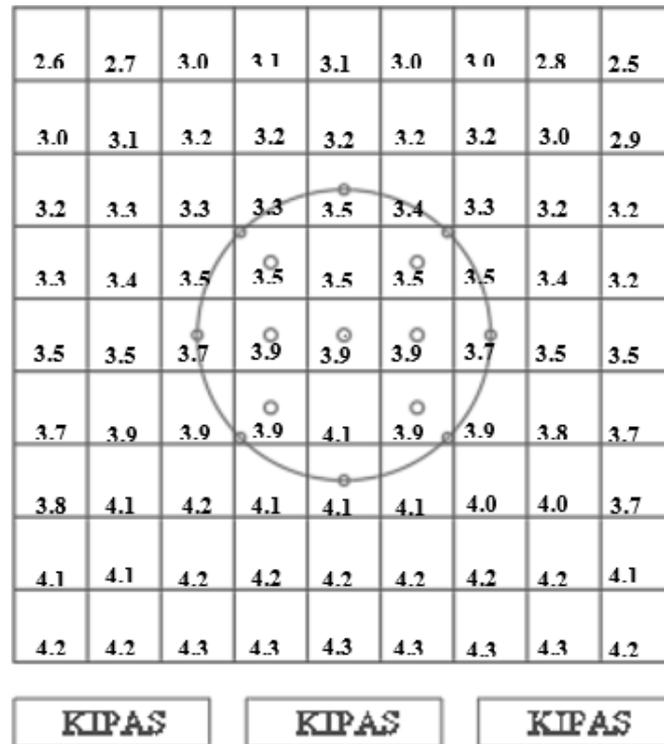
Konfigurasi ini dibuat dengan mempertimbangkan jarak minimum antar turbin angin. Pada Gambar 5 memperlihatkan berbagai macam konfigurasi yang digunakan pada pengujian tugas akhir ini.



**Gambar 5. Bentuk-Bentuk Konfigurasi Pengujian Turbin Angin Mini Secara Grup Terdiri Dari 5 Buah Turbin A Ngin Mini**

**2.5. Pemetaan Kecepatan Angin**

Pemetaan kecepatan angin ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan angin yang terjadi pada saat pengujian setiap jarak 15 cm dari sumber angin hingga jarak paling jauh pada area pengujian dengan hasil pemetaan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pemetaan Kecepatan Angin

## 2.6. Tip-Speed Ratio Dan Koefisien Daya

Untuk mencari nilai tip-speed ratio rumus yang digunakan dapat didefinisikan seperti berikut:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot D/2}{U}$$

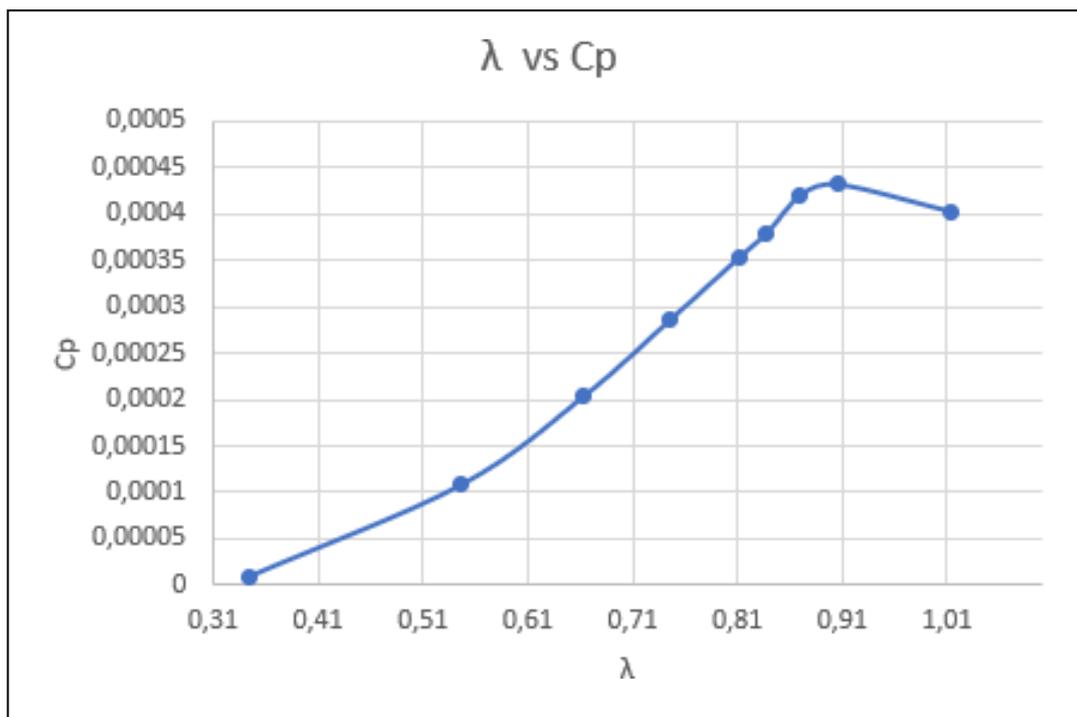
Pada penelitian ini nilai suatu daya yang digunakan untuk menghitung koefisien daya menggunakan V.I Maka rumus Cp yang digunakan seperti berikut:

$$C_p = \frac{V \cdot I}{\frac{1}{2} \rho A U^3}$$

## 3. Hasil Pengujian Dan Analisa

### 3.1. Karakteristik Satu Turbin Angin

Pada turbin angin mini yang digunakan nilai koefisien daya pada kecepatan angin 4,2 m/s adalah sebesar  $43,191 \times 10^{-5}$  dengan tegangan sebesar 2,1 Volt. Namun pada kecepatan angin 4,3 m/s terjadi penurunan nilai koefisien daya menjadi sebesar  $40,248 \times 10^{-5}$  karena nilai tegangan yang dihasilkan pada kecepatan angin tersebut sama dengan nilai tegangan pada kecepatan angin 4,2 m/s. Karakteristik satu turbin mini ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 7.



**Gambar 7. Grafik Karakteristik Satu Turbin Angin Mini.**

### 3.2. Pengujian Tunggal

pada pengujian tunggal hanya satu turbin angin mini yang diletakan pada area pengujian dan dilakukan pengujian secara bergantian. Setelah semua turbin diuji, hasil tegangan dan kecepatan putar yang diukur dari turbin angin mini dapat dilihat pada Tabel 1.

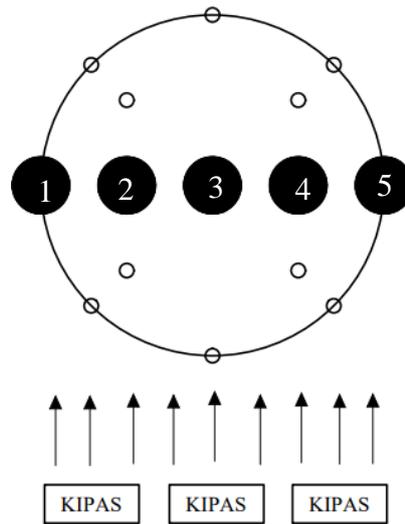
**Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tunggal**

Turbin	Tegangan	RPM
1	1,2 v	424
2	1,0 v	301
3	1,2 v	424
4	1,0 v	416
5	1,0 v	349

### 3.3. Pengujian Secara Bersamaan

#### a. Konfigurasi A

Konfigurasi A, kelima buah turbin diletakan satu garis tegak lurus terhadap arah angin seperti pada Gambar 8.



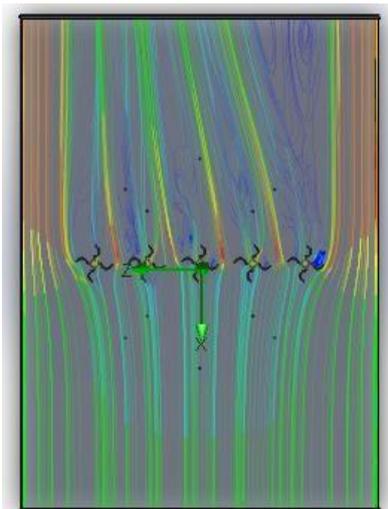
**Gambar 8. Konfigurasi A**

Setelah dilakukan pengujian, hasil pengukuran dibuat dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 2. Turbin angin mini yang paling banyak mendapatkan angin pada konfigurasi A yaitu turbin angin mini nomor 3 akan tetapi dengan kecepatan angin yang sama tegangan dan kecepatan putar yang dihasilkan pada turbin angin mini nomor dua dan empat tidak sebesar turbin angin mini nomor 3.

**Tabel 2. Hasil Pengujian Tegangan Dan Kecepatan Putar Konfigurasi A**

<b>TURBIN</b>	<b>RATA-RATA TEGANGAN (V)</b>	<b>RATA-RATA KECEPATAN PUTAR (RPM)</b>
1	0,72	357
2	0,85	385
3	1,28	451
4	0,73	356
5	0,66	348

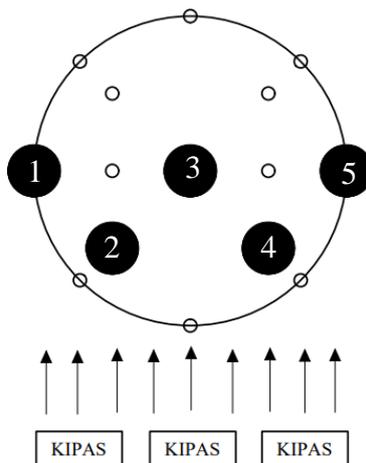
Hasil pengukuran pada tabel dapat dijelaskan lebih lanjut dengan menggunakan simulasi aliran pada aplikasi solidwork seperti pada Gambar 9.



**Gambar 9. Hasil Penyebaran Angin Konfigurasi B Menggunakan Solidwork**

**b. Konfigurasi B**

Konfigurasi B dengan tiga buah turbin angin disusun sejajar ditengah dan dua buah turbin lainnya disusun sejajar di depan tegak lurus terhadap arah angin. Susunan konfigurasi B dapat dilihat pada Gambar 10.



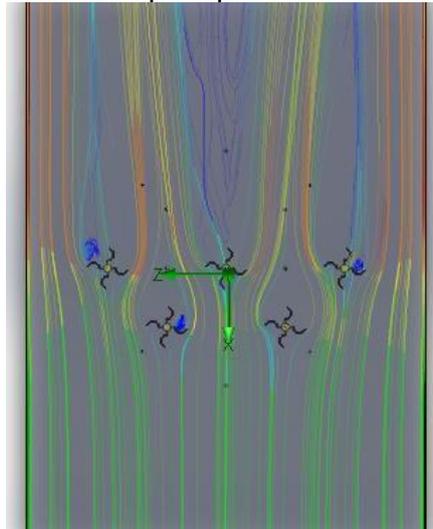
**Gambar 10. Konfigurasi B**

Setelah dilakukan pengujian, hasil pengukuran tegangan dan kecepatan putar turbin angin mini dibuat dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 3. Dapat kita lihat turbin angin mini yang paling banyak mendapatkan angin pada konfigurasi B yaitu turbin angin mini nomor 2 dan nomor 4 akan tetapi dengan kecepatan angin yang sama tegangan dan kecepatan putar yang dihasilkan pada turbin angin mini nomor tiga tidak sebesar turbin angin mini nomor dua dan empat.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Dan Kecepatan Putar Konfigurasi B**

TURBIN	RATA- RATA TEGANGAN (V)	RATA-RATA KECEPATAN PUTAR (RPM)
1	0,83	384
2	1,19	449
3	1,11	433
4	1,13	447
5	0,8	391

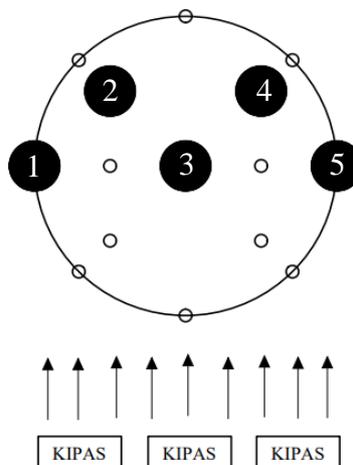
Hasil pengukuran pada tabel diatas dapat dijelaskan lebih lanjut dengan menggunakan simulasi aliran pada aplikasi solidwork seperti pada Gambar 11.



**Gambar 11. Hasil Penyebaran Angin Konfigurasi B Menggunakan Solidwork**

### c. Konfigurasi C

Konfigurasi C disusun dengan susunan tiga turbin angin mini sejajar ditengah dan dua buah turbin angin mini disusun sejajar di belakang dan tegak lurus terhadap arah angin seperti pada Gambar 12.



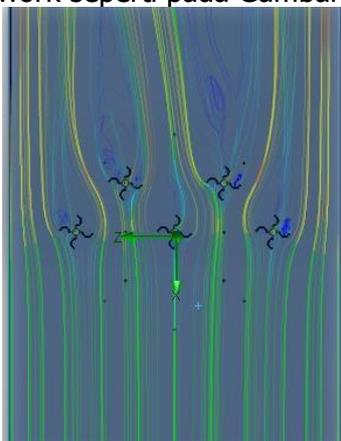
**Gambar 12. Konfigurasi C**

Setelah dilakukan pengujian, hasil pengukuran tegangan dan kecepatan putar turbin angin mini dibuat dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 4. dapat kita lihat turbin angin mini yang paling banyak mendapatkan angin pada konfigurasi C yaitu turbin angin mini nomor tiga meskipun Turbin 2 dan 4 punya kecepatan angin di depan sudu yang sama.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan Dan Kecepatan Putar Konfigurasi C**

TURBIN	RATA-RATA TEGANGAN (V)	RATA-RATA KECEPATAN PUTAR (RPM)
1	0,7	354
2	0,67	343
3	1,47	536
4	0,62	316
5	0,58	299

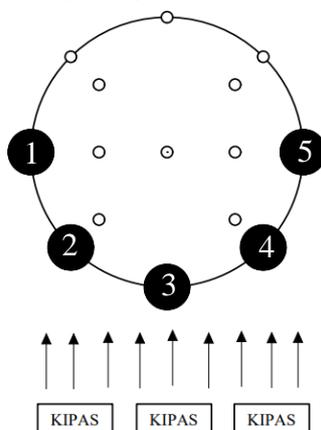
Hasil pengukuran pada tabel diatas dapat dijelaskan lebih lanjut dengan menggunakan simulasi aliran pada aplikasi solidwork seperti pada Gambar 13.



**Gambar 13. Hasil Penyebaran Angin Konfigurasi C Menggunakan Solidwork**

#### d. Konfigurasi D

Konfigurasi D diletakan dengan susunan kelima buah turbin angin mini disusun secara melengkung condong ke arah angin seperti pada Gambar 14.



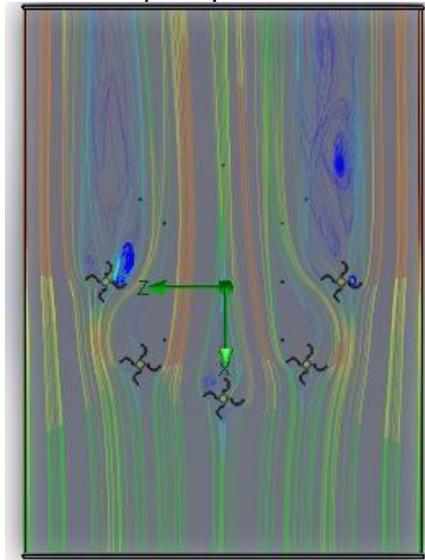
**Gambar 14. Konfigurasi D**

Setelah dilakukan pengujian, hasil pengukuran tegangan dan kecepatan putar turbin angin mini dibuat dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 5. Dapat kita lihat turbin angin mini yang paling banyak mendapatkan angin pada konfigurasi D yaitu turbin angin mini nomor tiga.

**Tabel 5. Hasil Pengujian Tegangan Dan Kecepatan Putar Konfigurasi D**

<b>TURBIN</b>	<b>RATA-RATA TEGANGAN (V)</b>	<b>RATA-RATA KECEPATAN PUTAR (RPM)</b>
1	0,89	402
2	1,02	404
3	1,59	565
4	0,87	395
5	0,7	343

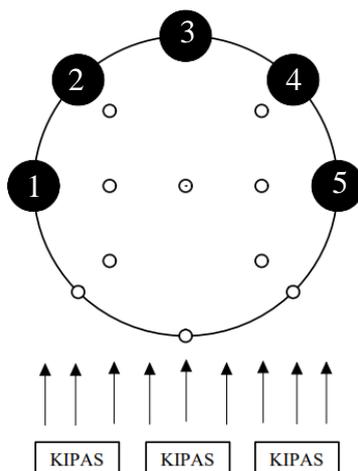
Hasil pengukuran pada tabel diatas dapat dijelaskan lebih lanjut dengan menggunakan simulasi aliran pada aplikasi solidwork seperti pada Gambar 15.



**Gambar 15. Hasil Penyebaran Angin Konfigurasi D Menggunakan Solidwork**

#### **e. Konfigurasi E**

Konfigurasi E disusun dengan kelima buah turbin angin mini diletakan melengkung menjauh dari arah angin seperti pada Gambar 16.



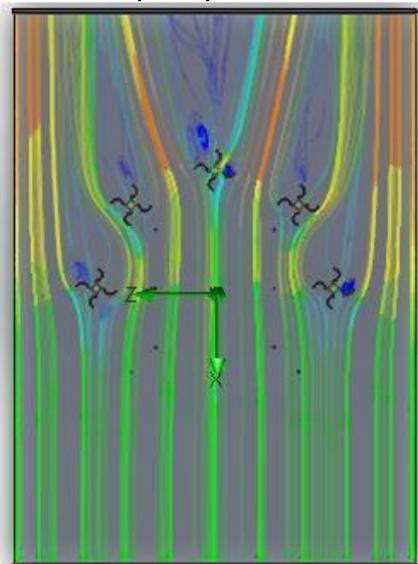
**Gambar 16. Konfigurasi E**

Setelah dilakukan pengujian, hasil pengukuran tegangan dan kecepatan putar turbin angin mini dibuat dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 6. Dapat kita lihat turbin angin mini yang paling banyak mendapatkan angin pada konfigurasi E yaitu turbin angin mini nomor tiga.

**Tabel 6. Hasil Pengujian Tegangan Dan Kecepatan Putar Konfigurasi E**

TURBIN	RATA-RATA TEGANGAN (V)	RATA-RATA KECEPATAN PUTAR (RPM)
1	0,69	356
2	0,8	390
3	1,16	472
4	0,9	428
5	0,64	341

Hasil pengukuran pada tabel diatas dapat dijelaskan lebih lanjut dengan menggunakan simulasi aliran pada aplikasi solidwork seperti pada Gambar 17.



**Gambar 17. Hasil Penyebaran Angin Konfigurasi E Menggunakan Solidwork**

### 3.4. Hasil Data Keseluruhan

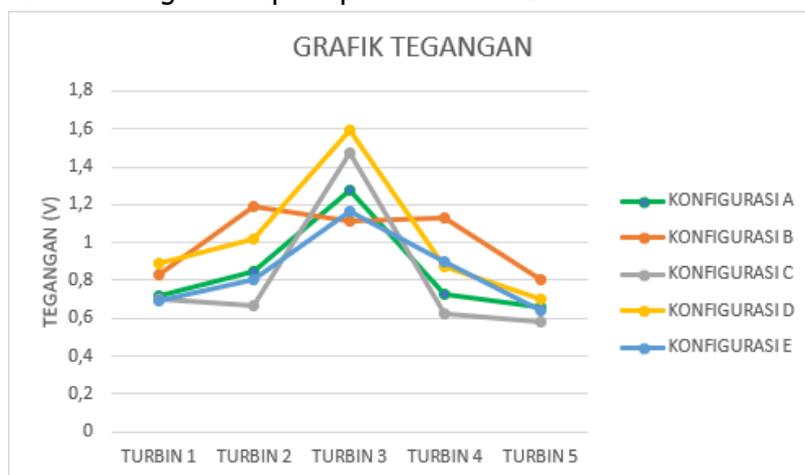
Pada Tabel 7 kita dapat melihat hasil nilai Tip-speed ratio dan koefisien daya pada saat pengujian tunggal.

**Tabel 7. Nilai TSR Dan Koefisien Daya Pengujian Tunggal**

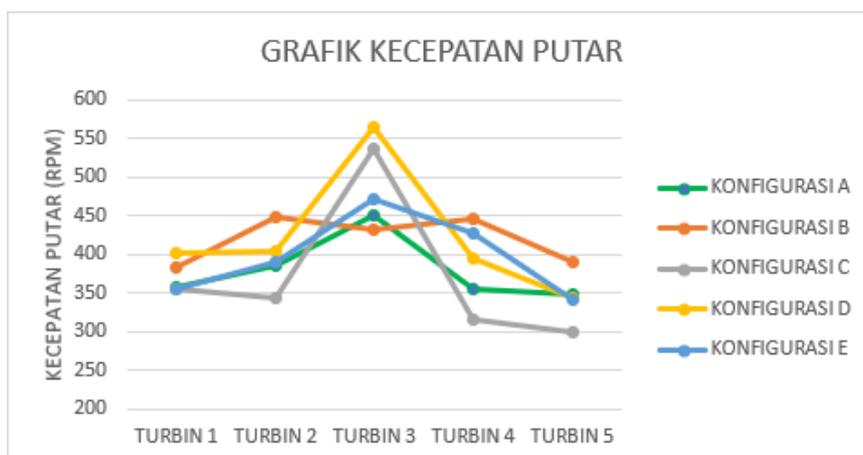
Turbin	$\lambda$	Cp
1	0,570	$17,614 \cdot 10^{-5}$
2	0,405	$12,232 \cdot 10^{-5}$
3	0,569	$17,614 \cdot 10^{-5}$
4	0,558	$12,232 \cdot 10^{-5}$
5	0,469	$12,232 \cdot 10^{-5}$
Rata-Rata	0,514	$14,384 \cdot 10^{-5}$

Nilai Tip-speed ratio dan koefisien pada pengujian tunggal memiliki nilai yang relatif sama dengan nilai rata-rata Tip-speed ratio dan koefisien daya sebesar 0,514 dan  $14,384 \cdot 10^{-5}$ .

Data hasil pengujian masing-masing konfigurasi berupa nilai tegangan dan kecepatan putar dibuat dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 18.



**Gambar 18. grafik tegangan kelima konfigurasi turbin angin mini**



**Gambar 19. grafik tegangan dan kecepatan putar**

Berdasarkan grafik pada Gambar 18 dan Gambar 19, grafik tegangan dan kecepatan putar memiliki bentuk yang hampir sama, karena nilai tegangan yang dihasilkan dari turbin angin

mini berbanding lurus dengan nilai kecepatan putar.

Setelah dilakukan perhitungan Tip-speed ratio dan koefisien daya pada masing-masing turbin untuk setiap konfigurasi, berikut data hasil perhitungan Tip-speed ratio dan koefisien daya pada Tabel 8.

**Tabel 8. nilai TSR dan koefisien daya kelima konfigurasi**

Turbin	Konfigurasi A		Konfigurasi B		Konfigurasi C		Konfigurasi D		Konfigurasi E	
	$\lambda$	$C_p$	$\lambda$	$C_p$	$\lambda$	$C_p$	$\lambda$	$C_p$	$\lambda$	$C_p$
1	0,50	$7,426 \times 10^{-5}$	0,54	$9,868 \times 10^{-5}$	0,50	$7,019 \times 10^{-5}$	0,56	$11,347 \times 10^{-5}$	0,50	$4,986 \times 10^{-5}$
2	0,51	$8,838 \times 10^{-5}$	0,60	$17,322 \times 10^{-5}$	0,51	$7,597 \times 10^{-5}$	0,54	$12,7268 \times 10^{-5}$	0,58	$10,831 \times 10^{-5}$
3	0,60	$20,041 \times 10^{-5}$	0,58	$15,071 \times 10^{-5}$	0,71	$26,433 \times 10^{-5}$	0,72	$26,6167 \times 10^{-5}$	0,70	$22,7732 \times 10^{-5}$
4	0,47	$6,518 \times 10^{-5}$	0,59	$15,619 \times 10^{-5}$	0,47	$6,505 \times 10^{-5}$	0,53	$9,258 \times 10^{-5}$	0,63	$13,7086 \times 10^{-5}$
5	0,49	$6,240 \times 10^{-5}$	0,55	$9,168 \times 10^{-5}$	0,42	$4,819 \times 10^{-5}$	0,48	$7,019 \times 10^{-5}$	0,48	$5,867 \times 10^{-5}$

#### 4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian pada satu turbin angin mini. Satu turbin angin mini dapat menghasilkan nilai koefisien daya maksimum sebesar  $43,191 \times 10^{-5}$  pada kecepatan angin 4,2 m/s. Untuk pengujian tunggal, masing-masing turbin angin mini menghasilkan nilai koefisien dengan nilai yang relatif sama dengan rata-rata sebesar  $14,384 \cdot 10^{-5}$ .

Pada pengujian turbin angin mini yang dipasang secara bersamaan dengan menggunakan berbagai konfigurasi, konfigurasi 4 memiliki nilai koefisien daya total paling tinggi sebesar  $10,107 \times 10^{-5}$  dengan Turbin angin nomor tiga menghasilkan koefisien daya paling besar dengan nilai  $26,6167 \times 10^{-5}$  pada konfigurasi D ini. Pengujian dengan menggunakan berbagai konfigurasi memiliki nilai koefisien daya rata-rata sebesar  $8,627 \times 10^{-5}$ .

koefisien daya pada pengujian dengan berbagai konfigurasi. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa turbin angin mini akan lebih maksimal hasilnya jika dipasang secara tunggal.

#### Daftar pustaka

- Firmansyah, Dudi. Purwangka, Fis. Iskandar, Budhi Hascaryo. (2020). *Turbin Angin Mini Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik Untuk Lampu Navigasi Pada Kapal Penangkap Ikan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hasan, M. H., Muzammil, W. K., Mahlia, T. M. I., Jannifar, A., & Hasanuddin, I. (2012). *A review on the pattern of electricity generation and emission in Indonesia from 1987 to 2009*. (<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.075>, diakses pada tanggal 16 Agustus 2022)
- Hau, Eric. (2006). *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics, Edisi Kedua*, Germany: Springer.

- Pengukuran Tegangan dan Kecepatan Turbin Angin Kecil dengan Arduino*  
Nakhoda, Yusuf. 2015. *Rancang Bangun Kincir Angin sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Notosudjono, D. 2017. *Teknologi Energi Terbarukan*. Bogor : UNPAK PRESS.
- Siregar, Ahmad Marabdi. 2019. *Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-U Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif*. Sumatera Utara: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.