

Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah *Blade* pada Turbin Angin *Archimedes Spiral*

Darwin, Muhammad Ilham Maulana, Riza Mirza

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia
Phone/Fax. : +62-651-7428069.
Email : Rizamirza91@gmail.com

Abstract

Wind energy is one of the energy that is starting to be used to produce electricity or convert it to mechanical energy for other purposes. One of the tools used to harness wind energy is a wind turbine. Indonesia, especially Aceh, is one of the countries that has not used wind energy as a power plant because of the characteristics of wind in Indonesia which tends to be low-speed. Archimedes spiral wind turbine is a new type of wind turbine that can operate at low wind speeds, consisting of two to three Circular blades form an axis, then wrapped around each other and one side is extended, the design of this turbine essentially mimics the shell of the Nautilus snail (Biomimicry). The basic principle of this wind turbine is designed using the legal principle of Archimedes. This scientific work will analyze the effect of variations in the number of blades on rotation and the influence of blade rotation on wind speed using the experimental method, therefore turbines are made with variations of 2 blades and 3 blades, and the outer diameter is 80 cm and overall length is 90 cm. From the results of the study it was found that the 3 blade wind turbine has a better percentage of shaft rotation compared to the 2 blade wind turbine that is equal to 16.67%. Maximum wind power occurs on the 4th floor with a value of 164.3 watts

Keywords: Wind Energy, Turbine Archimedes Spiral, Wind Speed

1. Pendahuluan

Penggunaan energi alternatif merupakan suatu topik yang mulai banyak dibahas. Hal ini disebabkan karena teknologi makin berkembang yang menyebabkan manusia mulai mencari sumber - sumber energi baru dan terbarukan untuk menggantikan sumber energi konvensional. Energi angin merupakan salah satu energi yang mulai dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik ataupun mengkonversinya ke energi mekanik untuk keperluan lain. Salah satu alat yang digunakan untuk memanfaatkan energi angin adalah turbin angin, yang prinsip kerjanya memanfaatkan energi potensial angin yang berupa kecepatan dan tekanan untuk menumbuk blade turbin sehingga menghasilkan putaran poros. Berdasarkan sumbu putarnya, turbin angin dibedakan menjadi dua jenis yakni turbin dengan sumbu putar horizontal dan turbin dengan sumbu putar vertikal.

Indonesia merupakan salah satu negara yang belum banyak memanfaatkan energi angin sebagai pembangkit listrik karena karakteristik angin di Indonesia yang cenderung berkecepatan rendah dengan rata-rata per tahun sekitar 5-7 m/s. Karakteristik kecepatan angin yang rendah tersebut masih dapat dimanfaatkan dengan menggunakan turbin angin kecepatan rendah berskala

kecil. Salah satunya adalah penggunaan turbin angin *Archimedes Spiral* yang dapat bekerja pada kecepatan angin antara 3.5 - 4.5 m/s. Dengan putaran yg dihasilkan antara 300 – 500 rpm.

Turbin angin *Archimedes Spiral* merupakan turbin angin berporos horizontal, dirancang menggunakan prinsip-prinsip *Archimedes*. Turbin angin *Archimedes spiral* menggunakan gaya lift dan gaya drag untuk menggerakkan blade turbin dengan memanfaatkan energi kinetik angin. Blade turbin *Archimedes spiral* memiliki susunan simetris mengelilingi poros dan bentuknya mirip dengan segitiga piramida, dengan sudut 120°, dan diameter luarnya berkisar antara 75 cm – 1.5 m [1]. Struktur khusus turbin angin *Archimedes Spiral* menentukan karakteristik aerodinamis untuk turbin angin skala kecil. Turbin angin *Archimedes Spiral* ini memiliki keuntungan lebih nyata dalam banyak keadaan, karena dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah.

Salah satu penelitian yang telah dilakukan di Belanda dengan diameter turbin 1,5 m dan beratnya sekitar 100 kilogram. Ukuran dan berat tersebut sangat cocok untuk instalasi di atap dan dinding gedung perkotaan. Dengan kondisi kecepatan angin pertahunnya mencapai rata-rata 4,5 m/s dapat menghasilkan daya antara 300 - 2.500 kilowatt. Hasil

ini diukur pada ketinggian 10 meter dari atap rumah[2].

Namun sampai saat ini informasi yang lengkap mengenai perancangan dan aplikasi turbin ini masih kurang terutama untuk pemanfaatan di Indonesia khususnya di Aceh. Dalam penelitian ini, mengarah pada performa Turbin Angin *Archimedes Spiral* terhadap putaran (rpm), variasi putaran dengan jumlah *blade*, dan kemampuan *blade* menyerap energi angin.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Energi Angin

Energi angin merupakan energi yang berasal dari alam. Angin ini disebabkan karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Makin cepat angin bertiup maka makin besar kekuatannya.

Di antara semua sumber daya terbarukan, energi angin telah terbukti menjadi pembuatan teknologi yang relatif sempurna dan memiliki potensi besar sehingga bisa diproduksi dalam jumlah besar[3],[4].

Tabel 1. Kecepatan Angin dan Tingkat Kecepatan Angin 10 Meter Di Atas Permukaan Tanah.

Tabel Kondisi Angin			
Kelas Angin	Kecepatan Angin m/s	Kecepatan Angin Km/jam	Kecepatan Angin Knot/jam
1	0.3 - 1.5	1 - 5.4	0.58 - 2.92
2	1.6 - 3.3	5.5 - 11.9	3.11 - 6.42
3	3.4 - 5.4 (*)	12.0 - 19.5 (*)	6.61 - 10.5 (*)
4	5.5 - 7.9 (*)	19.6 - 28.5 (*)	10.7 - 15.4 (*)
5	8.0 - 10.7 (*)	28.6 - 38.5 (*)	15.6 - 20.8 (*)
6	10.8 - 13.8 (*)	38.6 - 49.7 (*)	21 - 26.8 (*)
7	13.9 - 17.1 (*)	49.8 - 61.5 (*)	27 - 33.3 (*)
8	17.2 - 20.7 (*)	61.6 - 74.5 (*)	33.5 - 40.3 (*)
9	20.8 - 24.4	74.6 - 87.9	40.5 - 47.5
10	24.5 - 28.4	88.0 - 102.3	47.7 - 55.3
11	28.5 - 32.6	102.4 - 117.0	55.4 - 63.4
12	>32.6	>118	63.4

Tanda (*) = Kecepatan Angin Produktif
(sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Indonesia).

2.2 Daya Angin

Angin adalah udara yang bergerak. Udara memiliki massa namun densitasnya rendah. Ketika massa bergerak dengan kecepatan tertentu maka akan menimbulkan energi kinetik. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki suatu benda akibat gerakannya.

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (1)$$

Dimana :

m = Massa (kg)

v = Kecepatan angin (m/s)

E = Energi kinetik (J)

Daya angin adalah daya yang dibangkitkan oleh angin pada tiap luasan, sehingga daya angin dapat digolongkan sebagai energi kinetik. Pada dasarnya daya angin merupakan angin yang bergerak per satuan waktu sehingga dapat dirumuskan pada persamaan berikut.

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2)$$

Dimana :

P_a = Daya angin (watt)

A = Luas penampang (m^2)

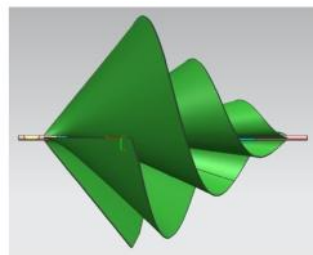
ρ = Densitas udara (m/s)

v = kecepatan angin (m/s)

2.3 Turbin Angin Archimedes Spiral

Secara umum, turbin angin diklasifikasikan dalam dua jenis yakni HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) dan VAWT (Vertical Axis Wind Turbine)[5],[6]. Namun, ada perbedaan dan perubahan antara desain turbin angin baru dan model HAWT tradisional.

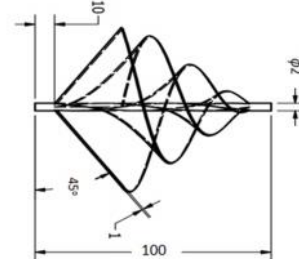
Liam adalah jenis baru dari turbin angin, yang terdiri dari dua sampai tiga bilah melingkar. Yang pada dasarnya saling berkaitan, membentuk sebuah sumbu, kemudian dililitkan satu sama lain dan satu sisinya diperluas, menciptakan turbin kerucut tiga dimensi. Bentuk ini meniru cangkang keong Nautilus (bio mimikri). Dengan prinsip kerja memanfaatkan energi kinetik angin untuk menggerakkan *blade*.



Gambar 1. Turbin Angin Archimedes Spiral (Aerodynamic and Structural Evaluation of Horizontal Archimedes Spiral Wind Turbine)

3. Metodologi

3.1. Rancangan Alat



Gambar 2. Geometri turbin angin Archimedes Spiral (Aerodynamic and Structural Evaluation of Horizontal Archimedes Spiral Wind Turbine)

3.2. Tempat dan Waktu

Pengujian dan pengambilan data eksperimental turbin angin *Archimedes Spiral* dilakukan pada Gedung Evakuasi Tsunami Ulee Lheue Banda Aceh. Pada setiap perbandingan kecepatan angin tiap lantai di ukur dengan interval waktu dari jam 09:00 WIB pagi sampai jam 06:00 WIB sore.

- Pengujian pertama dilakukan pada lantai 1 dengan ketinggian (5 m).
- Pengujian pertama dilakukan pada lantai 2 dengan ketinggian (10 m).
- Pengujian pertama dilakukan pada lantai 3 dengan ketinggian (15 m).
- Pengujian pertama dilakukan pada lantai 4 dengan ketinggian (20 m).

3.3. Peralatan dan Metode Pengukuran

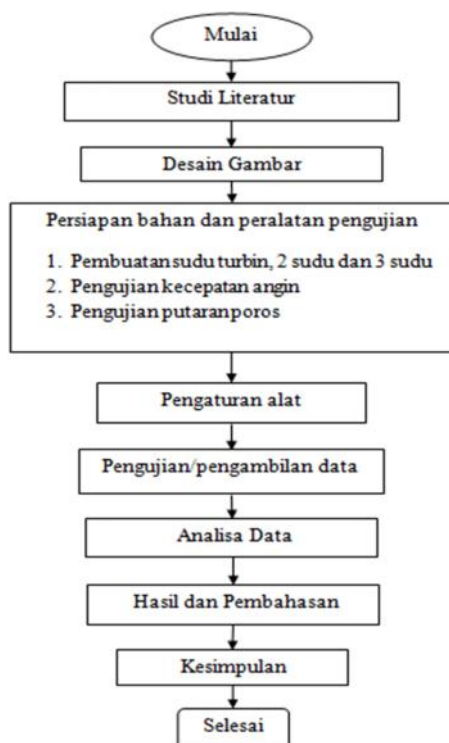
Peralatan pengujian yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Anemometer (Alat ukur kecepatan angin).
2. Alat ukur putaran (rpm).

Adapun tata cara pengujian yang akan dilaksanakan:

1. Pengujian kecepatan angin.
2. Pengujian putaran turbin angin *Archimedes Spiral*.

Untuk mengetahui tahapan dalam metode penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 yaitu sebagai berikut:



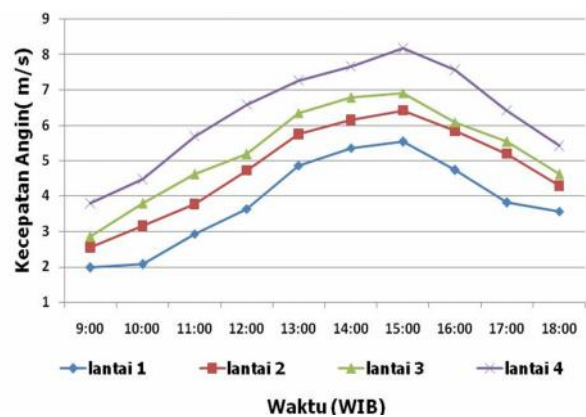
Gambar 3. Diagram alir proses penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini akan dianalisa pengaruh variasi jumlah *blade* terhadap putaran dan pengaruh kecepatan *blade* terhadap kecepatan angin. Turbin *Archimedes Spiral* pada penelitian memiliki variasi 2 *blade* dan 3 *blade*, masing-masing akan dilakukan perbandingan putaran dan kecepatan angin pada tiap lantai Gedung Evakuasi Tsunami Ulee Lheue Banda Aceh.

4.1. Perbandingan Kecepatan Angin Lantai 1 – 4 Dengan Ketinggian 5 – 20 m, pada Gedung Evakuasi Tsunami.

Dibawah ini merupakan hasil dari pengujian perbandingan kecepatan angin maka diperoleh data paling tinggi sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Perbandingan Kecepatan Angin Lantai 1 – 4 dengan ketinggian 5 – 20 m, pada Gedung Evakuasi Tsunami.

Pada Gambar 4 diatas, dapat dilihat bahwa perbandingan kecepatan angin mulai meningkat dari pagi hari sampai siang hari dan puncak kecepatan angin paling tinggi terjadi pada lantai 4 mencapai 8 m/s pada jam 15:00 WIB. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Doli Ihsan Harahap, Rijal Mawi Dan Fariza Amripada tahun 2013 dan 2017 benar bahwa kecepatan angin meningkat pada siang hari.

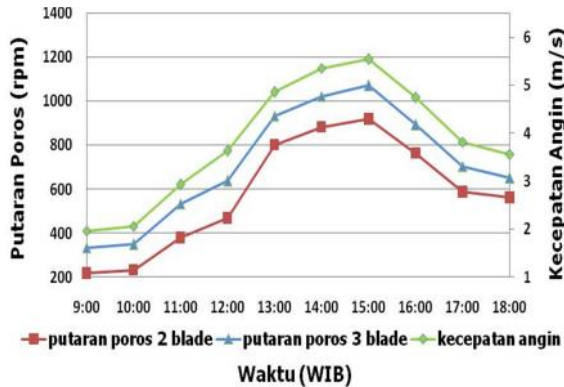
4.2 Perbandingan Kecepatan Putaran Turbin Angin 2 Blade dan 3 Blade pada Setiap Lantai 1 - 4 Dengan Ketinggian 5– 20 m.

Berdasarkan penelitian, untuk perbandingan kecepatan putaran turbin angin yang dilakukan secara bersamaan dengan perbandingan kecepatan angin, adalah:

4.2.1 Perbandingan kecepatan putaran turbin angin 2 blade dan 3 blade pada lantai 1.

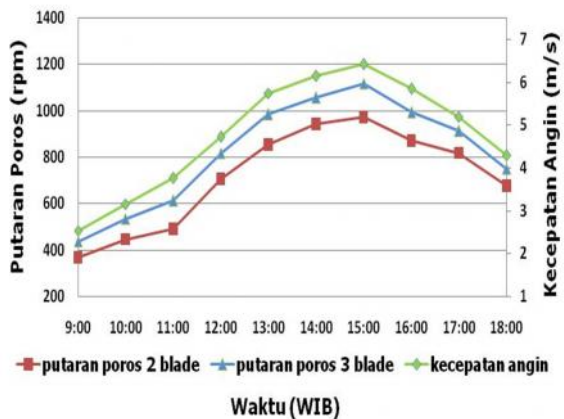
Berdasarkan Gambar 5, kecepatan angin maksimal di lantai 1 terjadi pada jam 15.00 WIB

dengan nilai sebesar 5,54 m/s. Putaran poros maksimal turbin angin 3 blade memiliki nilai maksimal sebesar 1072 rpm, lebih besar dibandingkan dengan turbin angin 2 blade yang memiliki nilai maksimal sebesar 918,2 rpm.



Gambar 5. Grafik perbandingan putaran turbin angin 2 blade dan 3 blade pada lantai 1.

4.2.2 Perbandingan kecepatan putaran turbin angin 2 blade dan 3 blade pada lantai 2.

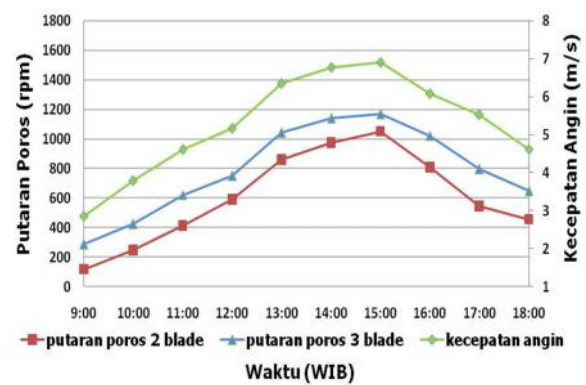


Gambar 6. Grafik perbandingan putaran turbin angin 2 blade dan 3 blade pada lantai 2.

Pada Gambar 6, yaitu pada lantai 2, kecepatan angin terus meningkat dibandingkan dari lantai 1, ini dikarenakan perbedaan ketinggian otomatis perbedaan putaran pun semakin meningkat. Pada turbin angin 3 blade putaran mencapai 1118 rpm dan 2 blade putaran mencapai 971,4 rpm pada jam yang sama pukul 15:00 WIB.

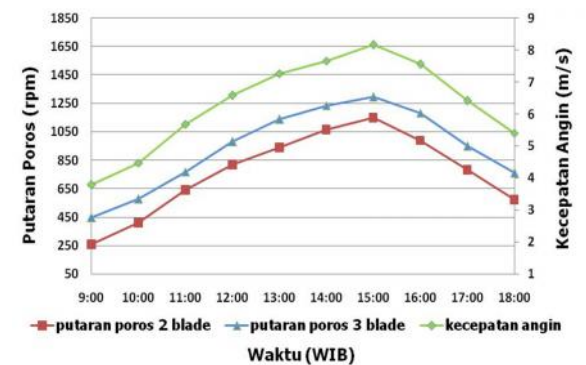
4.2.3 Perbandingan kecepatan putaran turbin angin 2 blade dan 3 blade pada lantai 3.

Berdasarkan Gambar 7 yaitu lantai 3, terlihat juga kecepatan angin yang terus meningkat drastis dari lantai 1 dan 2. Karena pada lantai 3 ini ketinggiannya sudah mencapai 15 meter, oleh karena itu perbedaan putaran yang terjadi kedua turbin juga naik, pada turbin angin 3 blade putarannya mencapai 1170 rpm dan 2 blade mencapai 1053 rpm, juga terjadi pada jam yang sama pukul 15:00 WIB.



Gambar 7. Grafik perbandingan putaran turbin angin 2 blade dan 3 blade pada lantai 3.

4.2.4 Perbandingan kecepatan putaran turbin angin 2 blade dan 3 blade pada lantai 4.



Gambar 8. Grafik perbandingan putaran turbin angin 2 blade dan 3 blade pada lantai 4.

Berdasarkan Gambar 8 yaitu lantai 4, bahwa laju kecepatan angin yang beranjak naik lebih stabil dari pagi sampai siang hari. Maka pada lantai 4 diperoleh kecepatan angin dan perbedaan putaran turbin tertinggi pada 3 blade mencapai 1298 rpm sedangkan pada 2 blade mencapai 1148 rpm. Lagi terjadi pada jam yang sama pukul 15:00 WIB.

Dengan demikian, data yang diperoleh selama pengujian bahwa kecepatan angin rata-rata untuk pagi sampai sore hari yang bagus digunakan untuk pengujian putaran turbin angin yaitu 7 jam dari jam 11:00 – 17:00 WIB, baik pada lantai 1 maupun lantai 4.

4.3 Daya angin

Daya angin dibawah ini dihitung menggunakan persamaan (2) menghasilkan sebagai berikut :

- Daya Angin Lantai 1

Berdasarkan Persamaan (2), maka daya angin pada lantai 1 dapat diperoleh sebagai berikut :

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 5,54^3$$

$$P_a = 51,25 \text{ watt.}$$

- Daya Angin Lantai 2

Daya angin pada lantai 2 dapat diperoleh sebagai berikut :

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 6,42^3$$

$$P_a = 79.76 \text{ watt.}$$

- Daya Angin Lantai 3

Daya angin pada lantai 3 dapat diperoleh sebagai berikut :

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 6,91^3$$

$$P_a = 99.45 \text{ watt.}$$

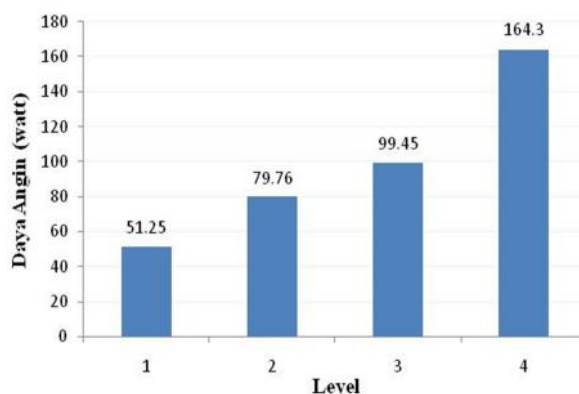
- Daya Angin Lantai 4

Kemudian daya angin untuk lantai 4 dapat diperoleh sebagai berikut :

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 8,17^3$$

$$P_a = 164.3 \text{ watt.}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, untuk perbandingan daya angin terhadap ketinggian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 9. Grafik perbandingan daya angin terhadap ketinggian dari level 1 sampai level 4.

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa daya angin minimum terjadi pada level 1 sebesar 51,25 watt, dan daya angin maksimum terjadi pada level 4 sebesar 164,3 watt.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut, yaitu:

- Pada setiap lantai 1 - 4 hasil penelitian didapatkan bahwa kecepatan angin dan putaran terbaik terjadi di lantai 4, dengan kecepatan efektif berkisar 7 jam setiap harinya.
- Kecepatan angin maksimal terjadi di lantai 4, dengan kecepatan sebesar 8,17 m/s. dan putaran poros maksimal terjadi pada turbin angin 3blade dengan nilai sebesar 1298 rpm.
- Berdasarkan kecepatan angin, turbin angin 2 blade mengalami kenaikan putaran poros dari lantai 1 ke lantai 2 sebesar 4,61%, dari lantai 2 ke lantai 3 sebesar 4,62% dan dari lantai 3 ke lantai 4 sebesar 7,52%. Sedangkan pada turbin angin 3 blade dengan kenaikan putaran poros dari lantai 1 ke lantai 2 sebesar 6,15%, dari lantai 2 ke lantai 3 sebesar 2,81%, dan dari lantai 3 ke lantai 4 sebesar 10,94%.
- Daya angin maksimal terjadi di lantai 4 dengan nilai sebesar 164.3 watt.

5.2. Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan jumlah blade sampai 4 agar mendapatkan kinerja turbin angin Archimedes Spiral yang lebih maksimal.
- Beranjak kedalam katagori selanjutnya, sebaiknya penelitian turbin angin Archimedes Spiral dilakukan dengan menambahkan motor untuk mengetahui berapa output yang dihasilkan dari putaran dengan variasi blade.

Daftar Pustaka

- [1] Experimental and Numerical Study of the Aerodynamic Characteristics of an Archimedes Spiral Wind Turbine Blade.
- [2] [www.http://dearchimedes.com/liam/](http://dearchimedes.com/liam/) (diakses 2 april 2016)
- [3] Small Wind World Report Summary, 2012, *World Wind Energy Association*, 2012.
- [4] A. A. Edward and B. W. Philip, 1977, *The effect of wind on energy consumption in buildings*, *Energy and Buildings*, vol. 1, no. 1, pp. 77-84,.
- [5] H. Cao, 2011, Aerodynamics analysis of small horizontal axis wind turbine blades by using 2D and 3D CFD modeling, *M.S. thesis*, University of the Central Lancashire.
- [6] N. J. Choi, S. H. Nam, J. H. Jeong, and K. C. Kim, Numerical study on the horizontal axis turbines arrangement in a wind farm: Effect of separation distance on the turbine aerodynamic power output,” *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 117, pp. 11-17, 2013. *Computational Fluid Dynamics (CFD)*, <https://fauzanahmad.wordpress.com/> (diakses 25 maret 2015).