

# KAJI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN *HYBRID* DENGAN VARIASI SUDUT *PITCH* BLADE PROPELER

Fauzi Syahryandi<sup>1</sup>, Iwan Kurniawan<sup>2</sup>

Laboratorium Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

<sup>1</sup>fauzi.syahryandi3914@student.unri.ac.id, <sup>2</sup>iwan.ktm@gmail.com

## ABSTRACT

*Hybrid turbine is a combination of two types of turbines into the one. The purpose of combining turbines is to improve the performance of each turbine. In this study, propeller turbine and venturi turbine are combined into the one. Energy ball wind turbine is placed in front of propeller turbine. The diameter used by propeller turbine is 200 cm with NREL S833 airfoil and venturi diameter of 50 cm. The number of propeller turbine consist of blades of 3 pieces and 5 venturi pieces. Then the pitch angle variation on the propeller turbine blade is 30°, 45° and 60° with a wind speed of 2.5 m/s to 5 m/s. From the result test show the addition of a large pitch angle reduce the power generated by the turbine, the addition of a venturi turbine to the propeller turbine can increase power at every pitch angle variation. The highest power is a produced by hybrid turbines with a pitch angle variation of 30° that is equal to 0.655 watts.*

**Keywords :** *Propeller turbine, hybrid turbine, energy ball wind turbine*

## 1. Pendahuluan

Peningkatan kebutuhan energi listrik terjadi akibat pertambahan penduduk yang tinggi, tetapi hal ini tidak seimbang dengan peningkatan penyediaan tenaga listrik, sementara kebutuhan masyarakat terus meningkat. Masyarakat Indonesia tergantung pada pasokan PLN, tidak hanya untuk kebutuhan penerangan tetapi juga untuk mendukung kegiatan ekonomi. Pembangkit listrik yang dimiliki oleh PLN secara umum menggunakan energi yang termasuk tidak terbaharui, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat itulah, diperlukan pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan sumber daya yang ada. Secara geografis, Indonesia berpotensi untuk mengembangkan pembangkitan listrik energi alternatif terbarukan tersebut. Salah satunya adalah energi angin yang berhembus relatif stabil sepanjang tahun dengan rata-rata kecepatan 5 m/detik (Adriani, 2018). [1]

Turbin angin merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi angin menjadi energi mekanik dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. Berdasarkan sumbu putar turbin terdapat dua jenis turbin angin, yaitu turbin angin sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Banyak faktor yang mempengaruhi unjuk kerja dari turbin angin. Salah satu faktor penentu unjuk kerja dari turbin angin adalah besar sudut *pitch* pada *blade* propeler. Sudut *pitch* adalah sudut antara garis *chord airfoil* dengan bidang putar turbin angin. Perubahan sudut *pitch* sangat berpengaruh pada daya keluaran turbin angin karena berkaitan dengan kinerja aerodinamika rotor turbin angin. Dengan mengatur sudut *pitch* pada kondisi optimal maka

akan didapat daya yang maksimal (Faquihuddin dkk, 2014). [2]

Menurut Zhang (2008) [3] penurunan unjuk kerja pada turbin propeler terjadi karena penambahan sudut *pitch*. Sehingga mengakibatkan sudut serang efektif berubah. Jika sudut serang efektif berubah maka gaya *lift* juga berubah. Penambahan sudut *pitch blade* menyebabkan sudut serang menjadi lebih kecil sehingga gaya *lift* juga semakin kecil. Penurunan gaya *lift* menyebabkan torsi yang dapat dihasilkan oleh *blade* juga berkurang sehingga putaran poros yang dihasilkan juga berkurang. Pengurangan putaran poros tersebut menurunkan daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin. Maka, daya yang dihasilkan oleh generator turbin juga akan menurun dengan penambahan sudut *pitch blade* propeler.

Faquihuddin dkk (2014) [2] pada jurnalnya melakukan pengujian dengan variasi sudut *pitch* pada *blade* turbin propeler. Besar variasi sudut *pitch* 0° sampai 40° dengan diameter *blade* 60 cm dan kecepatan angin 2 m/s sampai 3 m/s. Hasil pengujiannya menunjukkan sudut *pitch blade* 10° menghasilkan daya tertinggi kemudian daya menurun seiring bertambahnya sudut *pitch blade* propeler.

Variasi sudut *pitch* juga dapat dilakukan pada turbin angin dengan sumbu vertikal. Setiawan (2016) [4] dalam jurnalnya melakukan pengujian pada *blade* turbin angin Darrieus tipe H dua tingkat. Variasi sudut *pitch* berkisar antara 0° sampai 50°. Dari hasil pengujiannya diketahui bahwa perubahan sudut *pitch* berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan turbin angin pada kondisi angin lingkungan. Semakin besar sudut *pitch* maka daya yang dihasilkan akan semakin rendah. Daya

terbesar berada pada sudut *pitch*  $0^\circ$  dengan kecepatan angin 5,56 m/s.

Selain memvariasikan sudut *pitch*, saat ini juga terdapat beberapa penelitian yang menggabungkan dua jenis turbin menjadi satu yang dinamakan turbin angin *hybrid*. Tujuan diciptakannya turbin angin *hybrid* adalah agar kedua turbin dapat memanfaatkan kelebihan dan menutupi kekurangan masing-masing turbin. Gupta dkk (2006) [5] melakukan penelitian turbin angin *hybrid* di India. Pada penelitiannya, Gupta dkk menggabungkan 2 turbin angin sumbu vertikal yang memiliki karakteristik berbeda. Turbin yang digabungkan adalah turbin Savonius dan turbin Darrieus. Dari hasil penelitiannya, daya listrik yang dihasilkan lebih besar dengan menggabungkan kedua turbin tersebut dibandingkan daya listrik yang dihasilkan tanpa menggabungkan kedua turbin angin.

Beberapa tahun belakangan, terdapat beberapa pengembangan turbin angin yang dapat bekerja optimal pada kondisi kecepatan angin rendah. Pengembangan ini membuka peluang untuk membuat pembangkit listrik yang dapat digunakan pada daerah yang memiliki kecepatan angin relatif rendah. *Ball wind energy turbine* atau turbin venturi, merupakan salah satu turbin angin yang dapat bekerja optimal pada kecepatan angin rendah. Turbin ini banyak digunakan di atas gedung-gedung karena memiliki dimensi yang kompak dengan ukuran diameter 1 – 2 meter. Akan tetapi turbin ini memiliki kekurangan, yaitu ukuran turbin yang tidak dapat diperbesar (Paulides dkk, 2009). [6]

Berdasarkan penelitian tersebut, penulis ingin menggabungkan dua jenis turbin sumbu horizontal, yaitu turbin angin venturi dan turbin angin propeler.

Dimana turbin jenis *hybrid* ini belum pernah dilakukan analisis di dunia. Penggabungan dua turbin ini bertujuan untuk meningkatkan daya listrik yang dihasilkan oleh kedua turbin tersebut baik dalam kondisi kecepatan angin rendah maupun tinggi. Tidak hanya menggabungkan dua jenis turbin, penulis juga melakukan variasi sudut *pitch* pada *blade* turbin propeler sebesar  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $60^\circ$ .

Pada penelitian ini unjuk kerja yang di ukur adalah:

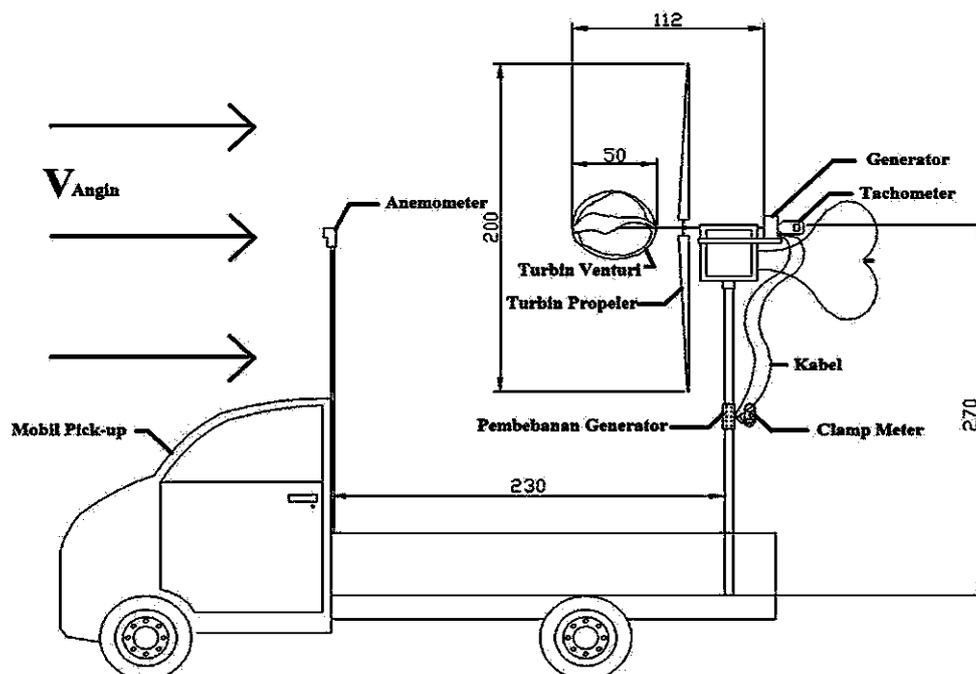
1. *Tip speed ratio* pada masing-masing variasi sudut *pitch blade*.
2. Daya generator pada masing-masing variasi sudut *pitch blade*.

## 2. Metodologi

Proses pembuatan Turbin angin *hybrid* dilakukan di Laboratorium Perawatan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau, sementara pengujian sistem dilakukan di jalan Naga Sakti, Pekanbaru.

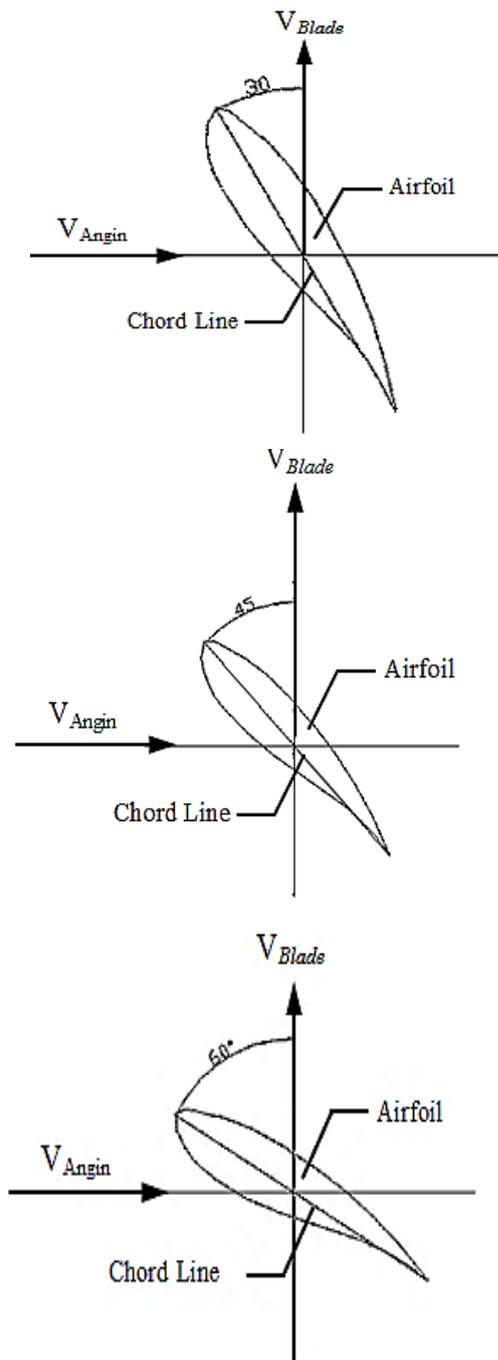
### 2.1 Skema pengujian

Dalam pengujian turbin angin *hybrid* skema pengujian alat dapat dilihat pada gambar 1. Pada pengujian ini, mobil dijalankan dengan kecepatan tertentu untuk mendapatkan kecepatan aliran angin 2,5 sampai 5 m/s. Untuk mengetahui kecepatan aliran angin, digunakan alat anemometer yang dapat mengukur kecepatan aliran angin secara *real-time*. Ketika kecepatan angin yang diinginkan tercapai, kecepatan mobil distabilkan dan disaat bersamaan kuat arus, tegangan arus listrik serta kecepatan putaran poros generator diukur. Putaran dari *blade* turbin akan di teruskan ke generator melalui poros turbin. Selanjutnya generator akan menghasilkan daya listrik yang di salurkan ke



Gambar 1. Skema Pengujian Turbin Angin

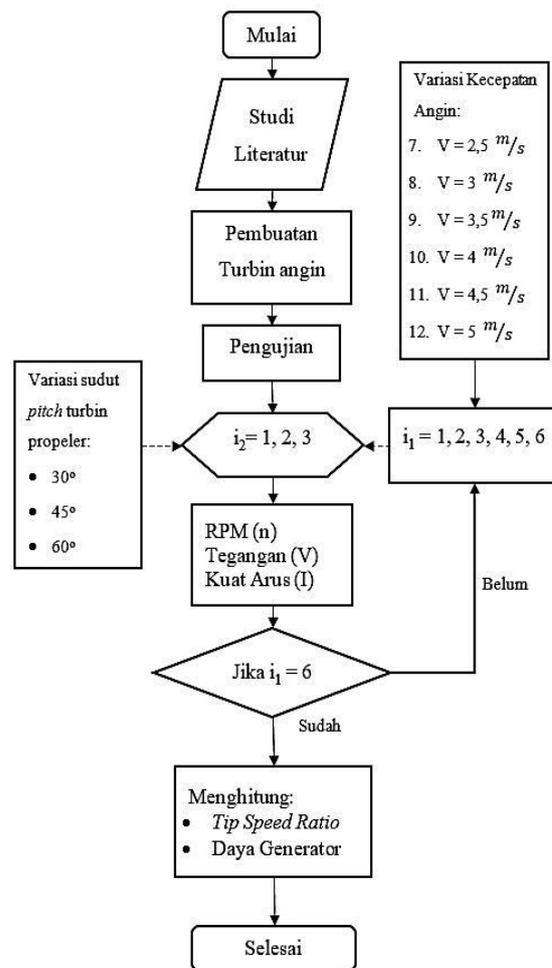
pembebanan yaitu lampu pijar. Daya listrik tersebut akan diukur menggunakan *clamp meter*. Sedangkan putaran turbin diukur menggunakan *tachometer*.



Gambar 2. Variasi sudut *pitch blade* propeler

## 2.2 Alur Penelitian

Penelitian ini adalah metode penelitian secara eksperimental. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut *pitch blade* turbin propeler terhadap unjuk kerja turbin angin *hybrid*. Diagram alir pengujian ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur penelitian turbin angin *hybrid*

Unjuk kerja turbin angin

Berikut ini unjuk kerja turbin yang di hitung dalam penelitian ini.

### 1. Daya generator

Pada penelitian ini daya yang dihitung adalah daya listrik yang dihasilkan oleh generator yang di putar oleh turbin dan dapat dirumuskan oleh persamaan di bawah ini: [7]

$$\text{Daya generator } P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

Dimana,

P = daya generator turbin (watt)

V = tegangan listrik (volt)

I = kuat arus listrik (ampere)

cos  $\theta$  = beban resistif

### 2. Tip Speed Ratio

*Tip speed ratio* adalah perbandingan kecepatan ujung *rotor* terhadap kecepatan angin. [8]

$$\lambda = \frac{\omega r}{v}$$

Dimana,

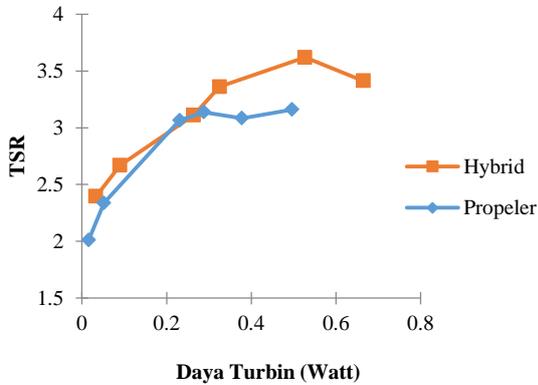
$\lambda$  = *tip speed ratio*

$\omega$  = kecepatan sudut (Rad/s)

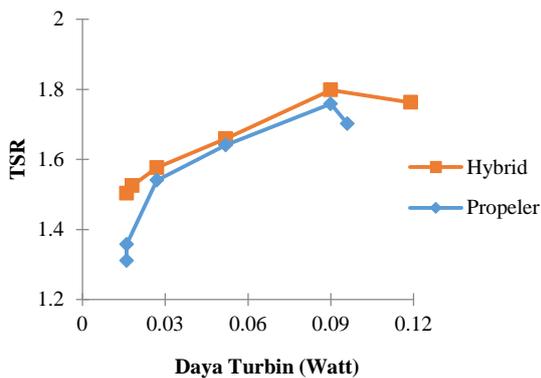
$r$  = jari-jari rotor (m)  
 $v$  = kecepatan angin (m/s)

### 3. Hasil dan pembahasan

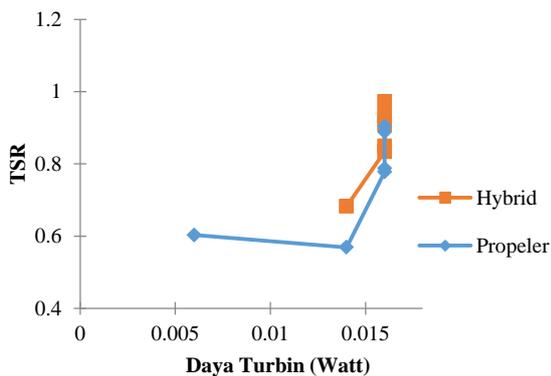
Setelah dilakukan pengujian dan pengolahan data di dapatkan hasil perhitungan dan grafik yang disajikan pada Gambar 5-7.



Gambar 5. Grafik daya VS TSR pitch 30°



Gambar 6. Grafik daya VS TSR pitch 45°



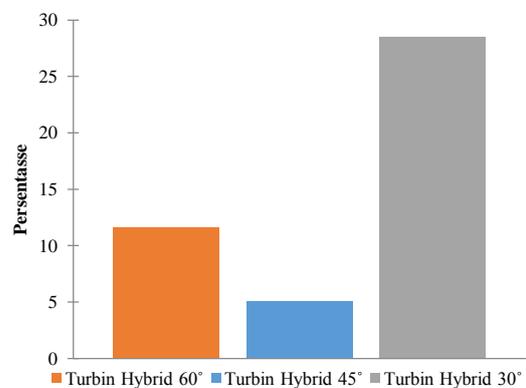
Gambar 7. Grafik daya VS TSR pitch 60°

Dari ketiga grafik perbandingan daya listrik generator turbin dengan *tip speed ratio* turbin yaitu pada sudut *pitch blade* propeler 30°, 45° dan 60°, daya yang dihasilkan generator semakin besar maka nilai *tip speed ratio* juga semakin besar. Kenaikan

daya dan *tip speed ratio* terjadi pada turbin propeler dan turbin *hybrid*. dari ketiga grafik perbandingan daya listrik generator turbin dengan *tip speed ratio* turbin, sudut *pitch* 30° menghasilkan daya generator dan *tip speed ratio* paling besar dibandingkan variasi sudut *pitch blade* propeler 45° dan 60°.

Turbin dengan sudut *pitch blade* propeler 30° dapat menghasilkan daya serta *tip speed ratio* yang lebih besar dibandingkan sudut *pitch blade* propeler 45° dan 60° karena turbin dengan sudut *pitch* 30° memiliki gaya *lift* yang lebih besar. Penurunan unjuk kerja pada turbin propeler terjadi karena penambahan sudut *pitch*. Sehingga mengakibatkan sudut serang efektif berubah. Jika sudut serang efektif berubah maka gaya *lift* juga berubah. Penambahan sudut *pitch blade* menyebabkan sudut serang menjadi lebih kecil sehingga gaya *lift* juga semakin kecil. Penurunan gaya *lift* menyebabkan torsi yang dapat dihasilkan oleh *blade* juga berkurang sehingga putaran poros yang dihasilkan juga berkurang. Pengurangan putaran poros tersebut menurunkan daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin. Maka, daya yang dihasilkan oleh generator turbin menurun dengan penambahan sudut *pitch blade* propeler. (Zhang, 2008) [3]

Penurunan unjuk kerja akibat penambahan sudut *pitch* tidak hanya terjadi pada turbin propeler saja, akan tetapi juga terjadi pada turbin *hybrid*. Namun turbin *hybrid* mampu meningkatkan daya yang dihasilkan generator. Dari pengujian dengan kecepatan angin 2,5 m/s sampai 5 m/s, turbin *hybrid* dengan sudut *pitch* 30° juga menghasilkan daya lebih besar dibandingkan turbin propeler dengan sudut *pitch blade* yang sama. Dari penelitian ini juga dapat dilihat seberapa besar rata-rata penambahan daya yang didapatkan dengan menambahkan *energy ball wind turbine* pada bagian depan turbin propeler. Rata-rata penambahan daya yang didapatkan untuk sudut *pitch blade* 30°, 45° dan 60° turbin propeler berbeda-beda. Angka persentase penambahan daya dapat dilihat pada grafik yang disajikan di Gambar 8.



Gambar 8. Grafik persentase penambahan daya generator turbin *hybrid* dengan turbin propeler

Dari Gambar 8. persentase kenaikan daya turbin *hybrid* dengan turbin propeler menunjukkan penambahan sudut *pitch* tidak hanya mengurangi daya pada turbin propeler saja, akan tetapi penambahan sudut *pitch* juga mengurangi daya pada turbin *hybrid*. Artinya penambahan besar sudut *pitch* yang dilakukan pada turbin propeler dan turbin *hybrid* menurunkan putaran poros turbin sehingga putaran generator semakin rendah dan daya yang dihasilkan semakin kecil. Penambahan turbin venturi (*energy ball wind turbine*) pada turbin propeler, mampu meningkatkan daya turbin. Peningkatan daya turbin terjadi pada setiap variasi sudut *pitch*. Persentase kenaikan daya paling besar terjadi pada variasi *pitch* 30°, yaitu sebesar 28,6 %. Artinya semakin kecil sudut *pitch* dan penambahan turbin venturi mampu meningkatkan putaran poros turbin, sehingga daya yang dihasilkan dari generator juga semakin tinggi.

#### 4. Simpulan

Setelah melakukan penelitian variasi sudut *pitch blade* propeler dan penambahan turbin venturi, dapat disimpulkan penambahan sudut *pitch blade* propeler mengurangi daya yang dihasilkan oleh turbin. Pada penelitian, turbin angin propeler dengan sudut *pitch* 30° menghasilkan daya generator yang lebih besar dibandingkan variasi sudut *pitch* lainnya, yaitu sebesar 0,496 watt pada kecepatan angin 5 m/s. Tetapi turbin venturi (*energy ball wind turbine*) dapat menaikkan daya generator sebesar 28,6% pada sudut *pitch blade* propeler 30°.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Adriani. 2018. Perancangan Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Generator Dinamo Drillini Terhadap Empat Sumbu Horizontal. Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.
- [2] Faqihuddin, Muhammad Fariedl; Muhammad Nizam; Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahjana. 2014. Karakteristik Model Turbin Angin *Untwisted Blade* Dengan Menggunakan Tipe *Airfoil* Nrel S833 Pada Kecepatan Angin Rendah. Universitas Sebelas Maret.
- [3] Zhang, J. 2008. *Pitch Angle Control for Variable Speed Wind Turbines*, Nanjing, China.
- [4] Setiawan, Intoyo Budi. 2016. Pengaruh Perubahan Sudut *Pitch* Pada *Blade* Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe-H Dua Tingkat Dengan Pengaruh Angin Pada Kondisi Angin *Real*. Universitas Negeri Surabaya.
- [5] Gupta, R; R. Das & K.K. Sharma. 2006. *Experimental Study Of A Savonius- Darrieus Wind Machine*. National Institute of Technology, Silchar. Assam, India.
- [6] Paulides, J.J.H. 2009. *Small-scale Urban Venturi Wind Turbine: Direct-Drive Generator*. *Proceedings IEEE International Electric Machines and Drives Conference*, 2009. IEMDC '09, 3-6 May 2009, Maimi, Florida.
- [7] Jumadi; Juara Mangapul Tambunan. 2015. Analisis Pengaruh Jenis Beban Listrik Terhadap Kinerja Pemutus Daya Listrik Di Gedung *Cyber* Jakarta. Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta.
- [8] Mathew, Sathyajith. 2007. *Wind Energy Fundamentals. Fundamental Resource Analysis and Economics*. India: Springer.