

# KAJI EKSPERIMENTAL VARIASI JARAK TURBIN ANGIN VENTURI DENGAN TURBIN ANGIN PROPELER TERHADAP PERFORMA *HYBRID WIND TURBINE*

Eldhy Susetio<sup>1</sup>, Iwan Kurniawan<sup>2</sup>

Laboratorium Perawatan Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

<sup>1</sup>eldhysusetio@gmail.com, <sup>2</sup>iwan.ktm@gmail.com

## ABSTRACT

*The hybrid wind turbine in this study is a horizontal axis wind turbine, which combining of two different wind turbines. A turbine propeller shaft is 2 m in diameter with blade profiles of S833 and ball wind energy (venturi turbine) of 0.5 meters by the number blade of 5 pieces. Venturi turbine is placed in front of the propeller turbine. This study varying the distance between the rear hub of Venturi turbine by propeller turbine hub is 5 cm, 10 cm and 15 cm. Testing begins with collecting data on the turbine propeller, then performed the retrieval of data from the merger of Venturi turbine with turbine propeller hub by varying the distance between the two turbines. This study suggests that the addition of Venturi wind turbine in front of the propeller wind turbine produces round and a higher power than the wind turbine propellers without Venturi wind turbine in front of it. The addition of the power generated in the generator's turbine hybrid that a distance of 5 cm power generators will increase the amount of 12.7%, while at a distance of 10 cm power generator increases the amount of 28.5%, and the last on the addition of 15 cm distance power generators increased 34.3% magnitude.*

*Keywords: Hybrid wind turbine, Venturi turbine, turbine propeller*

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di dunia terus meningkat, hal ini terjadi karena disebabkan oleh pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang terus meningkat. Salah satu sumber pemasok listrik, PLTA bersama pembangkit listrik tenaga lainnya yaitu PLTU dan PLTG memegang peran penting terhadap ketersediaan listrik di berbagai wilayah di Indonesia. Dikutip dari CNBC Indonesia 2018, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memprediksi Indonesia tidak mampu lagi memproduksi minyak bumi dalam 11 hingga 12 tahun ke depan. Sementara tingginya kebutuhan migas tidak diimbangi oleh kapasitas produksinya menyebabkan kelangkaan sehingga di hampir semua negara berpacu untuk membangkitkan energi dari sumber-sumber energi baru dan terbarukan [1]. Salah satu yang dipilih adalah energi angin.

Pemanfaatan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. Salah satunya yaitu turbin angin, penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s. Sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar menggunakan turbin angin. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik skala kecil. Inovasi dalam memodifikasi turbin angin perlu dikembangkan agar turbin angin tetap dapat menghasilkan listrik walaupun dalam keadaan kecepatan angin yang rendah [2].

Turbin angin merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik yang dihasilkan oleh generator. Berdasarkan sumbu putar terdapat dua jenis turbin angin yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Jika dibandingkan antara kedua jenis turbin angin ini maka turbin angin sumbu horizontal lebih efektif dalam mengekstrak energi angin dibandingkan turbin angin sumbu vertikal [3].

Pada penelitian ini akan dibuat suatu model turbin angin sumbu horizontal dengan skala kecil yang nantinya dapat ditempatkan di atap-atap gedung bertingkat maupun di atap rumah-rumah. Untuk dapat memasang turbin skala kecil ini ada dua karakteristik yang menjadi pertimbangan yaitu kecepatan harian udara yang relatif rendah serta pola aliran yang lebih turbulen dan selalu berubah arah. Semuanya disebabkan oleh kehadiran gedung-gedung bertingkat di sekitarnya, keadaan konstruksi gedung itu sendiri, serta pohon dan sebagainya. Aliran turbulen berdampak langsung terhadap penurunan daya output dari turbin itu sendiri. Sedangkan turbin angin konvensional skala kecil tidak didesain untuk hal tersebut. Ada beberapa contoh turbin angin telah dibuat yang bisa dipasang di atap gedung yaitu turbin angin *Savonius* dan turbin angin *Darrieus*. Kedua turbin angin tersebut merupakan turbin angin jenis sumbu vertikal. Dan terdapat salah satu contoh turbin angin horizontal yang telah dibuat dan juga dapat dipasang di atap gedung yaitu turbin Venturi (*energy ball wind turbine*).

Turbin angin Venturi dibuat untuk mampu menciptakan pola aliran angin yang bertekanan

rendah di dalamnya yang dapat menarik udara yang ada bagian depan rotor menuju turbin. Dan kemudian pada penggabungan dua turbin angin ini efek dari turbin Venturi yaitu sebagai penggerak mula turbin karena turbin Venturi mampu berputar dalam keadaan angin yang rendah dan turbulen [4].

Turbin propeler mampu menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan putaran rendah, sedangkan turbin Venturi dapat berputar meskipun dalam keadaan aliran angin yang turbulen ataupun pada kecepatan angin yang rendah. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan di gabungkan turbin angin konvensional jenis horizontal (propeler) dengan turbin angin jenis Venturi pada satu poros. Penggabungan kedua turbin angin ini disebut dengan *hybrid wind turbine* (turbin angin *hybrid*) jenis sumbu horizontal[5].

Pada penelitian sebelumnya sudah pernah ada yang menggabungkan dua jenis turbin angin. Penelitian tersebut dilakukan penggabungan turbin angin *savonius* dan turbin angin *darrieus* yang mana turbin *hybrid* ini merupakan turbin angin sumbu vertikal [6].

Berdasarkan teori momentum elementer Betz, kecepatan dan arah aliran angin akan berubah ketika melewati/menabrak suatu *blade*. Perubahan kecepatan aliran angin disebabkan sebagian energi kinetik angin diserap oleh rotor turbin angin [7]. Oleh karena itu aliran angin yang menabrak *blade* turbin Venturi akan berubah dan efek Venturi dapat mempercepat aliran fluida yang melewatinya sehingga aliran angin yang keluar dari turbin

Venturi akan mempengaruhi turbin propeler yang berada di belakangnya. Oleh sebab itu, jarak antara *hub* belakang turbin Venturi dengan *hub* turbin propeler akan berpengaruh terhadap putaran maupun daya yang dihasilkan generator dari *hybrid wind turbine* ini.

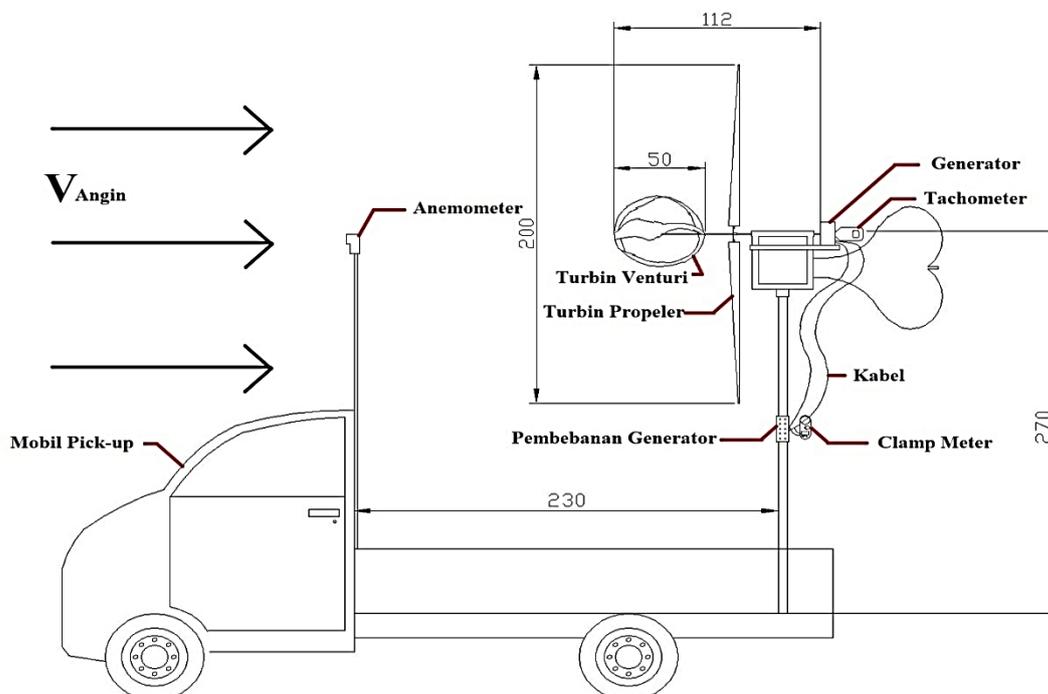
Pada penelitian ini jenis *airfoil* yang digunakan pada *blade* turbin propeler adalah NREL S833. *Airfoil* jenis ini cocok digunakan untuk turbin angin dengan diameter 1 sampai 3 meter, dan penelitian ini menggunakan turbin angin propeler dengan diameter 2 meter [8].

## 2. Metodologi

Proses pembuatan dilakukan di Laboratorium Perawatan Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau. Sedangkan pengujian dilakukan di sepanjang jalan Naga Sakti, Pekanbaru.

### 2.1 Skema Pengujian

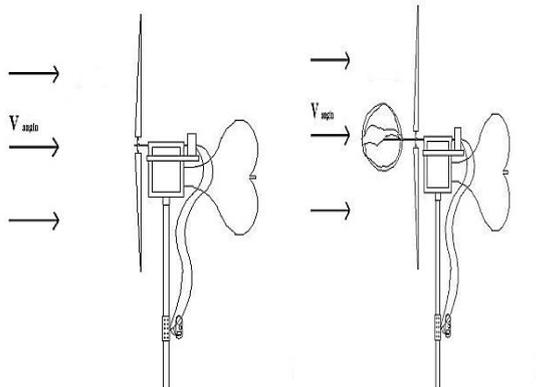
Pengujian turbin *hybrid* ini dilakukan dengan menggunakan sebuah mobil *pick-up*. Dan mobil dijalankan dengan kecepatan tertentu hingga mencapai kecepatan angin 2,5 m/s hingga 5 m/s. Untuk mengetahui kecepatan aliran angin, digunakan alat *anemometer* yang dapat mengukur kecepatan aliran angin secara *real-time*. Ketika kecepatan angin yang diinginkan tercapai, kecepatan mobil distabilkan dan di saat yang bersamaan kuat arus, tegangan listrik, serta kecepatan putaran poros generator diukur. Gambar sketsa pengujian turbin *hybrid* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Sketsa pengujian alat

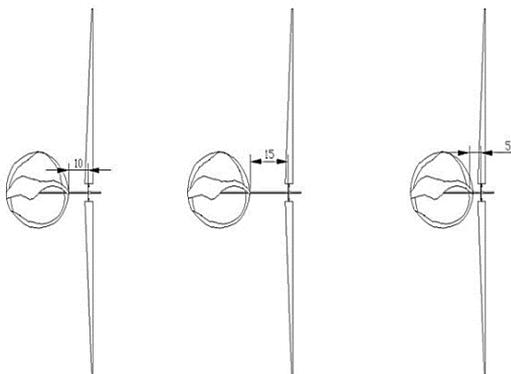
Pada Gambar 1, mobil *pick-up* melaju dengan kecepatan tertentu hingga mendapatkan kecepatan angin yang diinginkan. Pada saat melaju dengan kecepatan tertentu *blade* turbin angin propeler dan turbin angin *hybrid* akan berputar dan diukur putaran poros turbin, tegangan generator dan kuat arus generator.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari pemasangan/penambahan turbin Venturi di depan turbin propeler. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah voltase generator, kuat arus generator dan putaran poros turbin.. Penambahan turbin Venturi di depan turbin propeler dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Penambahan turbin Venturi di depan turbin propeler

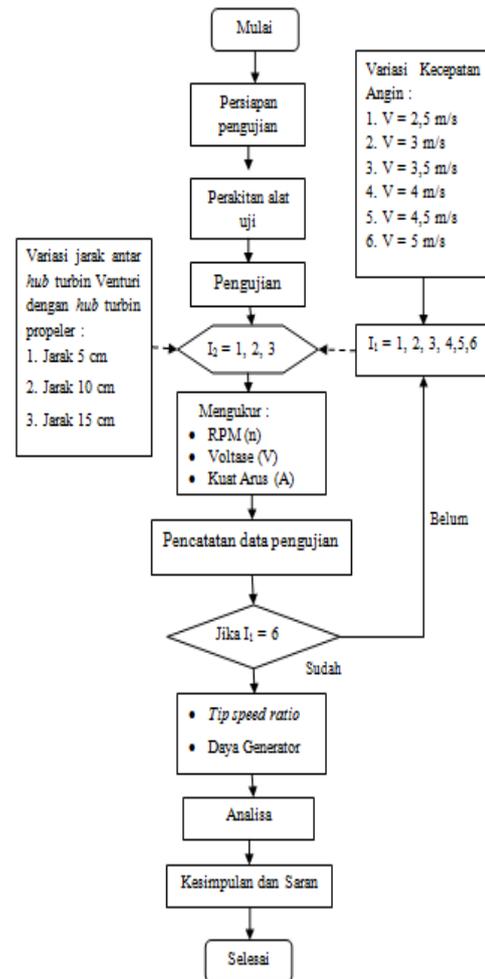
Pada pengujian ini mobil *pick-up* melaju dengan kecepatan tertentu hingga mendapatkan kecepatan angin yang diinginkan yaitu 2,5 m/s sampai 5 m/s dengan selisih setiap kecepatan sebesar 0,5 m/s. Pada saat melaju dengan kecepatan tertentu *blade* turbin angin *hybrid* akan berputar dan diukur putaran poros turbin, tegangan generator dan kuat arus generator dengan variasi jarak *hub* belakang turbin Venturi terhadap *hub* turbin propeler yaitu sebesar 5 cm, 10 cm dan 15 cm. Variasi jarak tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Variasi jarak *hub* belakang turbin Venturi terhadap *hub* turbin propeler

## 2.2 Alur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dengan judul “Kaji Eksperimental Pengaruh Jarak Turbin Venturi dengan Turbin Propeler Terhadap Performa *Hybrid Wind Turbine*” penulis menggunakan diagram alir sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Diagram alir penelitian diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Sketsa pengujian alat

## 2.3 Performa turbin angin

Setelah didapatkan data hasil pengujian maka dilakukan pengolahan data, berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk pengolahan data :

### a. Kecepatan sudut

Kecepatan sudut ( $\omega$ ) merupakan besarnya sudut lingkaran yang terbentuk oleh lintasan suatu titik yang bergerak melingkar per satuan waktu. Satuan kecepatan sudut adalah rad/sekon. Kecepatan sudut dapat dihitung dengan persamaan : [3].

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Dimana,

$\omega$  = Kecepatan sudut (rad/s)

n = Jumlah putaran poros turbin (rpm)

b. Daya generator turbin

Daya generator turbin angin adalah daya listrik yang dihasilkan oleh generator turbin angin. Daya generator di peroleh setelah diketahui tegangan listrik dan arus listrik pada generator turbin angin. Menghitung daya generator menggunakan persamaan : [9].

$$P = V.I.Cos \phi$$

Dimana,

P = Daya (watt)

V = Tegangan listrik (volt)

I = Kuat arus listrik (ampere)

Cos  $\phi$  =Faktor daya

c Tip speed ratio

Tip speed ratio adalah perbandingan kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin . Untuk kecepatan angin nominal tertentu, tip speed ratio akan berpengaruh pada kecepatan rotor. Turbin angin tipe lift akan memiliki tip speed ratio yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin drag. Tip speed ratio dihitung dengan persamaan : [3].

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

Dimana,

$\lambda$  = tip speed ratio

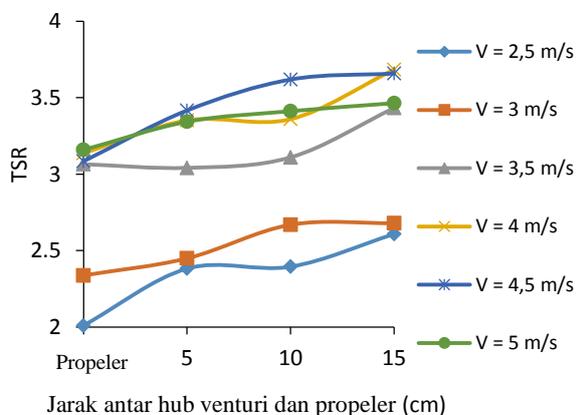
$\omega$  = Kecepatan sudut (rad/s)

R = Jari-jari turbin (m)

v = Kecepatan angin (m/s)

3. Hasil dan pembahasan

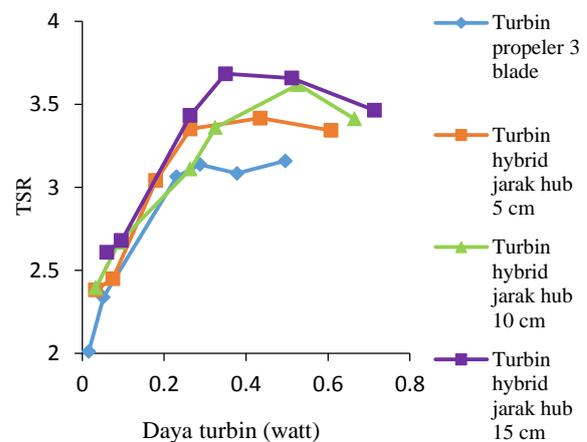
Berdasarkan hasil yang di dapat yaitu dengan mencari pengaruh variasi jarak terhadap tip speed ratio (TSR) dan daya yang dihasilkan oleh generator pada turbin angin hybrid maka di peroleh grafik pengaruh variasi jarak hub belakang turbin angin Venturi dengan hub turbin angin propeler terhadap tip speed ratio (TSR) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik pengaruh jarak hub turbin angin Venturi dengan turbin angin propeler terhadap TSR

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, dapat dikatakan bahwa jarak hub belakang turbin Venturi dengan hub turbin propeler berpengaruh terhadap putaran poros, kecepatan sudut dan tip speed ratio pada turbin hybrid. Selain itu kecepatan aliran angin dan putaran poros mempengaruhi nilai tip speed ratio pada turbin hybrid ini. Dari grafik dilihat bahwa untuk nilai TSR pada jarak 5 cm mengalami penurunan pada kecepatan angin 4,5 m/s menuju 5 m/s yaitu 3,41 menjadi 3,34. Kemudian untuk jarak 10 cm kecepatan putaran poros turbin hybrid selalu meningkat di setiap penambahan kecepatan angin, akan tetapi untuk nilai TSR pada jarak 10 cm mengalami penurunan pada kecepatan angin 4,5 m/s menuju 5 m/s yaitu 3,61 menjadi 3,41. Dan terakhir untuk jarak 15 cm kecepatan putaran poros turbin hybrid selalu meningkat di setiap penambahan kecepatan angin, akan tetapi untuk nilai TSR pada jarak 15 cm mengalami penurunan pada kecepatan angin 4 m/s menuju 5 m/s yaitu 3,68 menjadi 3,46. Penurunan nilai TSR ini disebabkan karena perbandingan putaran poros dengan kenaikan kecepatan angin terlampaui kecil.

Selain itu tip speed ratio yang di dapatkan dari pengolahan data juga berpengaruh terhadap daya generator turbin angin. Dapat di lihat pada Gambar 6.

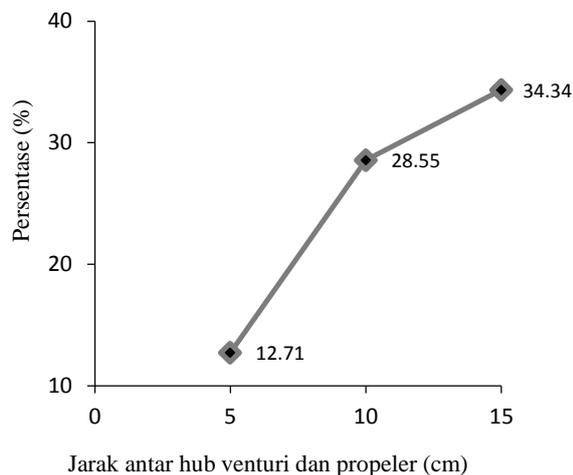


Gambar 6 Grafik pengaruh TSR terhadap daya generator turbin angin hybrid

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, dapat dikatakan bahwa putaran poros, kecepatan aliran angin, kecepatan sudut dan tip speed ratio berpengaruh terhadap daya generator turbin hybrid. Daya ini di dapatkan dari hasil pengukuran tegangan dan kuat arus pada generator melalui pengukuran pada saat pengujian di lakukan. Pada pengujian ini daya yang di dihasilkan oleh turbin hybrid dengan jarak 15 cm antar hub turbin Venturi dan turbin propeler lebih besar dari turbin propeler tanpa turbin dan turbin hybrid dengan jarak antar hub turbin Venturi dengan turbin propeler 5 cm dan 10 cm. Daya generator yang dihasilkan setiap penambahan kecepatan angin juga selalu meningkat.

Untuk nilai TSR yang paling tinggi yaitu pada jarak antar *hub* Venturi dan *hub* propeler 15 cm pada kecepatan angin 4 m/s dan daya yang di hasilkan yaitu sebesar 0,35 watt.

Penambahan turbin angin Venturi pada turbin angin propeler meningkatkan daya generator pada setiap penambahan jarak antar *hub* keduanya. Persentase peningkatan daya dapat di lihat dari Gambar 7.



Gambar 7 Grafik persentase kenaikan daya generator setelah penambahan turbin Venturi pada *hybrid wind turbine*

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, dapat dikatakan bahwa pemasangan turbin angin Venturi pada turbin angin propeler berpengaruh terhadap penambahan daya turbin. Pada pemasangan turbin Venturi dengan jarak 5 cm terhadap *hub* turbin angin propeler maka daya generator akan bertambah 12,7 % besarnya, sedangkan pada jarak 10 cm daya generator bertambah 28,5 % besarnya, dan terakhir pada penambahan jarak 15 cm daya generator bertambah 34,3 % besarnya.

#### 4. Simpulan

Adapun kesimpulan yang di dapatkan berdasarkan tujuan pada penelitian ini yaitu :

Penambahan turbin angin Venturi di depan turbin angin propeler dan variasi jarak antara kedua turbin angin tersebut berpengaruh terhadap perubahan daya yang dihasilkan generator pada *hybrid wind turbine* dibandingkan dengan turbin propeler tanpa turbin Venturi di depannya. Perubahan daya yang di hasilkan generator turbin *hybrid* yaitu pada pemasangan turbin Venturi dengan jarak 5 cm terhadap *hub* turbin angin propeler daya generator akan bertambah 12,7 % besarnya, sedangkan pada jarak 10 cm daya generator bertambah 28,5 % besarnya, dan terakhir pada penambahan jarak 15 cm daya generator bertambah 34,3 % besarnya.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Satrianegara, Rivi. 2018. Cadangan minyak bumi akan habis pada tahun 2030. file:///F:/Kuliah/Tugas%20Akhir/jurnal/cadangan-minyak-bumi-indonesia-habis-pada-2030.htm . (Diakses pada 20 November 2019).
- [2] Ismail, Yusuf. 2015. Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [3] Mathew, Sathyajith. 2007. *Wind Energy Fundamentals. Fundamental Resource Analysis and Economics*. India: Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-30906-3>
- [4] Kurniawan, Iwan. 2014. Analisis Efisiensi Jumlah *Blade* Pada *Prototype* Turbin Angin Venturi. Universitas Riau.
- [5] 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*.
- [6] Dwi, Haryo. 2014. Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* Dengan Perbedaan Jumlah Sudu. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta
- [7] Aryanto, Firman, dkk. 2013. Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal. *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 3 No. 1 Juli 2014. ISSN: 2088-088X.
- [8] Musyafa', Ali. 2012. *Design and Development of Fuzzy Logic Controller on the Pitch Angle of the Wind Turbine for Electrical Power Optimization in the east Java Wind Farm-Indonesia*. Faculty of Industrial Technology, Sepuluh Nopember Institute Of Technology.
- [9] Jumadi. 2015. Analisis Pengaruh Jenis Beban Listrik Terhadap Kinerja Pemutus Daya Listrik di Gedung Cyber Jakarta. *Jurnal Energi Dan Kelistrikan*. Vol 7. No.2. Desember 2015.