

# ANALISIS PERBANDINGAN UNJUK KERJA WIND TURBINE TSD-500 DAN GH – 0.5K DI PILOT SMART GRID TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS UDAYANA

I. W. Dhanan Arieyasa<sup>1</sup>, Cok. G. Indra Partha<sup>2</sup>, I. W. Sukerayasa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : [dhananariyasa@gmail.com](mailto:dhananariyasa@gmail.com)<sup>1</sup>, [cokindra@unud.ac.id](mailto:cokindra@unud.ac.id)<sup>2</sup>

, [sukerayasa@unud.ac.id](mailto:sukerayasa@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Pembangkit listrik tenaga bayu merupakan pembangkit listrik yang menkonversi energi kinetik menjadi energi listrik dengan memanfaatkan angin sebagai sumber energinya. *Pilot Project Smart Grid in Microgrid* Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana memiliki pembangkit listrik tenaga bayu untuk penelitian. Pembangkit listrik tenaga bayu pada *Pilot Project Smart Grid in Microgrid* Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana ini berjumlah sebanyak 10 turbin dengan *rated power* masing-masing adalah sebesar 500 Watt, dari 10 *wind turbine* tersebut terdapat 8 *wind turbine* dengan model TSD-500 buatan Indonesia dan 2 *wind turbine* dengan model GH - 0.5K buatan Cina. Data logger yang terdapat pada *Pilot Smart Grid* Teknik Elektro Universitas Udayana melakukan logger 10 *wind turbine* sekaligus, sehingga daya *output* masing – masing *wind turbine* tidak diketahui. Analisa unjuk kerja dari *wind turbine* TSD - 500 dan GH - 0.5K menggunakan alat ukur berbasis mikrokontroler atmega 328 sehingga dapat mengetahui *wind turbine* mana yang lebih besar menghasilkan daya *output* dan performa mana yang lebih baik. Hasil Penelitian ini menunjukkan sehingga performa *wind turbine* TSD – 500 lebih bagus dibandingkan *wind turbine* GH – 0.5K.

**Kata kunci :** Pembangkit Listrik, Energi Terbarukan, *Wind Turbine*, TSD – 500, GH – 0.5K

## Abstract

*Wind power generation is a power plant that converts kinetic energy into electrical energy by utilizing wind as its energy source. The Smart Grid Pilot Project in Microgrid, Udayana University's Electrical Engineering Study Program has a wind power plant for research. The wind power plants in the Smart Grid Pilot Project in Microgrid Udayana University's Electrical Engineering Study Program totaled 10 turbines with rated power of 500 Watt each, from 10 wind turbines there are 8 wind turbines with TSD-500 models made in Indonesia and 2 wind turbines with GH-0.5K models made in China. The data logger contained in the Pilot Smart Grid in Electrical Engineering, Udayana University, logs 10 wind turbines at a time, so the output power of each wind turbine is unknown. Performance analysis of wind turbine TDS-500 and GH-0.5K using a measuring instrument based on the ATmega 328 microcontroller so that it can find out which wind turbine is larger which results in better power output and performance. The results of this study indicate that the TSD-500 wind turbine performance is better than the GH-0.5K wind turbine.*

**Keywords:** Power Plants, Renewable Energy, *Wind Turbine*, TSD – 500, GH – 0.5K

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) adalah pembangkit listrik yang menkonversikan energi kinetik dari angin menjadi energi listrik. Energi angin dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan generator pada turbin angin atau kincir angin. Pembangkit listrik tenaga bayu merupakan salah satu pembangkit energi terbarukan (EBT) yang memanfaatkan energi kinetik dari angin sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Indonesia sendiri menargetkan porsi energi

terbarukan sekitar 23% untuk tahun 2025 [1][2]. Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia masih relatif kecil (sekitar 2%) [3]. Menurut Lampiran Peraturan Presiden No 22 Tahun 2017 Bali memiliki potensi angin sebesar 1019 MW [4].

*Pilot Project Smart Grid* Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana mengimplementasikan energi terbarukan dalam bentuk pembangkit listrik tenaga bayu yang selain digunakan untuk penelitian juga digunakan untuk memenuhi beban pada gedung DH di Program Studi

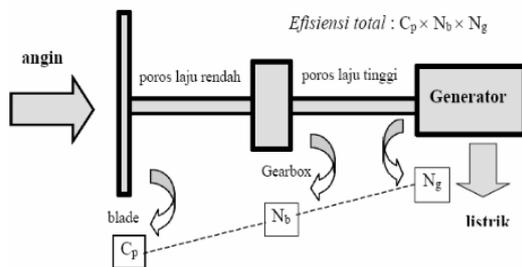
Teknik Elektro. PLTB pada *Pilot Project Smart Grid in Microgrid Program* Studi Teknik Elektro Universitas Udayana ini memiliki total kapasitas sebesar 5 kWp, dengan jumlah turbin angin sebanyak 10 turbin dengan rated power masing-masing adalah sebesar 500 Watt. Pada *Pilot Smart Grid* terdapat 2 jenis *wind turbine* yang berbeda model yaitu TSD – 500 dan GH – 0.5K.

Dalam jurnal ini, analisa unjuk kerja *wind turbine* TSD – 500 dan GH – 0.5K dengan menggunakan alat ukur berbasis mikrokontroler sehingga dapat mengetahui *wind turbine* mana yang lebih besar menghasilkan daya *output* dan performa mana yang lebih baik.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

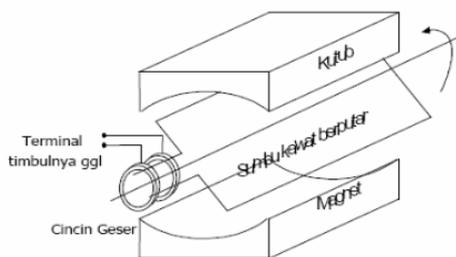
### 2.1 Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga bayu dengan mengubah energi angin menjadi energi gerak sehingga dapat memutar generator untuk menghasilkan listrik.



Gambar 1. Prinsip Kerja Turbin Angin [6]

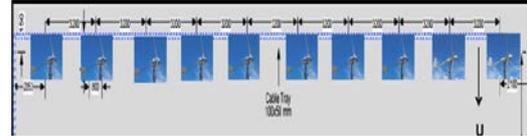
Prinsip kerja generator memakai kaidah hukum *Farraday* yaitu, bila sebuah pengantar di gerakan pada medan magnet akan menghasilkan ggl induksi.



Gambar 2. Prinsip Dasar Gaya Gerak Listrik [6]

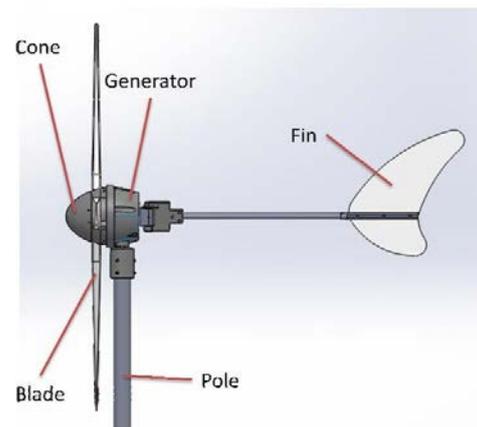
Prinsip kerja dari energi yang dihasilkan angin adalah mengubah energi kinetik pada angin menjadi energi listrik.

Massa jenis udara, kecepatan angin dan luas sapuan *blade wind turbine* akan mempegaruhi besarnya energi yang akan ditransferkan ke rotor.



Gambar 3. Layout Wind Turbine Pada Pilot Project Smart Grid Universitas Udayana [5]

Turbin angin yang berada pada *Pilot Project Smart Grid in Microgrid Program* Studi Teknik Elektro Universitas Udayana adalah turbin angin dengan sumbu horizontal. Turbin angin sumbu horizontal memiliki sumbu putar yang melintang sejajar dengan tiang penyangga dan memiliki sumbu putar rotor searah dengan arah angin. Sudu (*blade*) ekor (*tail*), tiang penyangga (*tower*) dan generator adalah komponen utama turbin angin sumbu horizontal.



Gambar 3. Komponen Turbin Angin [7]

Berikut merupakan spesifikasi dari *wind turbine* TSD – 500 dan GH – 0.5K :

Tabel 1. Spesifikasi *Wind Turbine* TSD – 500 [8]

System Name	TSD-500
Turbine Type	HAWT
Maximum Power Output	500 Wp at 12ms/s above
Start Up Wind Speed	2,5 m/s
Cut in Wind Speed	3 m/s
Survival Wind Speed	33 m/s
Generator Type	3-phase permanent magnet (Cogging-loss techenology)
Number of Blade	3 blades
Blade Material	Pine wood
Maximum RPM	1000 RPM
Storage System	24 V
Weight of Turbine System (except pole)	25 kg

Tabel 2. Spesifikasi Wind Turbine GH – 0.5K [9]

Model	GH-0.5K
Rated Power	500W
Max Power	650W
Blades Rotor Diameter	2.5m
Blade Quantity & Material	3 Pcs / FRP
Rated Rotate Speed	500(r/min)
Start Torque	0.34(N.M)
Generator Type	PMG AC Direct Drive
Normal Output Voltage	24V
Optional Output Voltage(DC)	24-48 V
Start Wind Speed	4 m/s
Cut in Wind Speed	6 m/s
Working Wind Speed	3-25m/s
MAX.Design Wind Speed	40 m/s
Tower Height	6 m
Top Weight	32 kg
Protection method	Tail vane Autolean

2.2 Generator

Generator adalah komponen utama pada PLTB yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik, energi dari angin digunakan untuk memutar blade yang di kopel pada rotor generator agar dapat menghasilkan listrik. Prinsip kerja generator adalah putaran rotor yang memotong medan magnet dari stator akan menimbulkan gerak gaya listrik, sehingga timbul tegangan listrik. Rotor adalah magnet yang berputar sedangkan stator adalah konduktor yang diam pada generator.

Untuk menghitung daya pada wind turbine dapat dihitung dengan persamaan (1)

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos}\phi \dots\dots(1)$$

2.3 Koefisien Daya

Teori momentum sederhana (teori Betz's) mempermudah momentum pada blade wind turbine dari pemodelan aliran dua dimensi. Aliran udara pada dua dimensi ini menimbulkan defleksi pada airfoil. Gerakan dari angin ini akan menggerakkan blade sehingga timbul gerak putar pada blade yang sering disebut spin (putaran).

Perbandingan antara daya yang mampu dihasilkan oleh wind turbine dengan daya yang dihasilkan oleh wind turbine disebut koefisien daya (CP) [10]. Secara matematis koefisien daya dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$Cp = \frac{P}{P_0} \dots\dots\dots(2)$$

2.4 Tips Speed Ratio (λ)

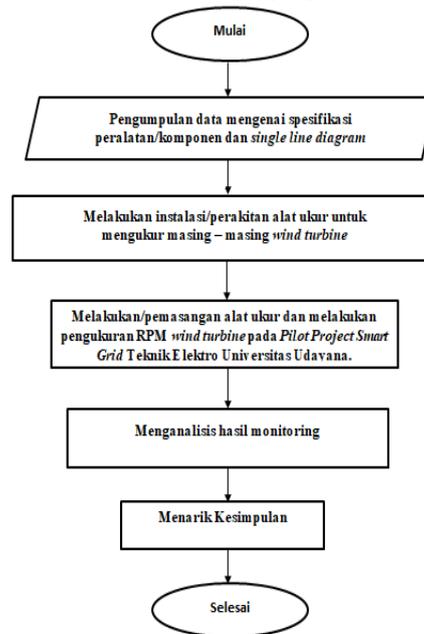
Tip speed ratio merupakan rasio kecepatan ujung blade terhadap kecepatan

angin. Secara matematis Tip speed ratio dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$\text{Tip speed ratio} = \frac{\pi dn}{60v} \dots\dots\dots(3)$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Ruang Kontrol Smart Microgrid Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana mulai bulan Februari 2019 sampai bulan Juni 2019. Metode pengumpulan data dilakukan dengan melaksanakan pengukuran pada saat pengujian alat secara langsung serta melakukan studi literatur, yaitu dengan mengumpulkan dan mempelajari data - data yang bersumber dari jurnal, parameter data yang diukut oleh alat, dan spesifikasi wind turbine. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambae 3. Alur penelitian

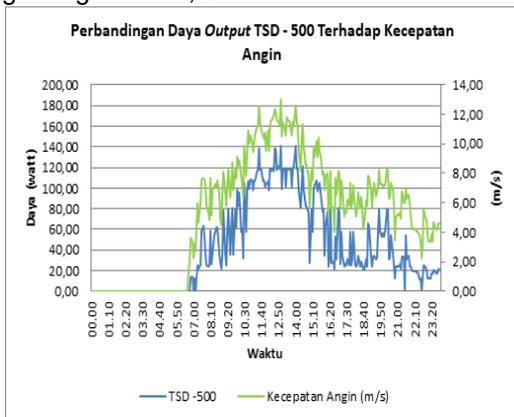
Tahapan awal adalah mengumpulkan data mengenai komponen yang diperlukan untuk membuat alat ukur dan spesifikasi wind turbine. Tahapan kedua melakukan instalasi/perakitan alat ukur. Tahapan ketiga melakukan pemasangan alat ukur dan melakukan pengukuran RPM wind turbine. Tahapan keempat menganalisa hasil pengukuran. Tahapan terakhir adalah menarik kesimpulan dari analisa hasil pengukuran.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

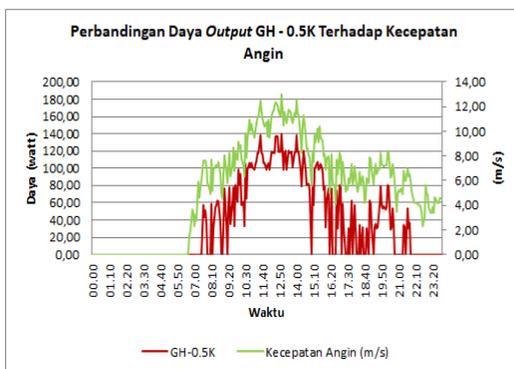
Penelitian unjuk kerja *wind turbine* TSD – 500 dan GH – 0.5K pada *Pilot Project Smart Grid in Microgrid Program* Studi Teknik Elektro Universitas Udayana menggunakan alat ukur tegangan dan arus berbasis mikrokontroler, selain itu pada penelitian ini menggunakan anemometer milik ESDM untuk mengukur kecepatan angin yang sudah terpasang pada *Pilot Project Smart Grid in Microgrid Program* Studi Teknik Elektro Universitas Udayana.

##### 4.1 Analisa Data Daya Output Wind Turbine Terhadap Kecepatan Angin

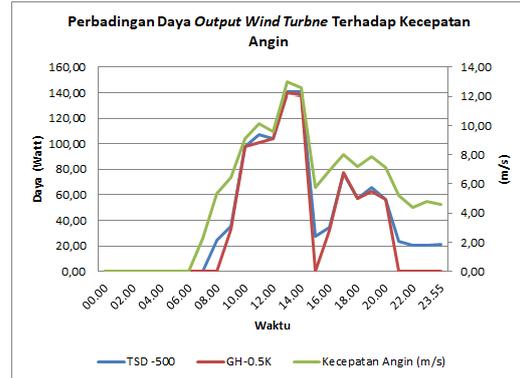
Parameter yang dicatat oleh alat adalah tegangan dan arus, maka daya output *wind turbine* dapat dihitung dengan persamaan (1). *Wind turbine* TSD – 500 dan GH – 0.5K dikopel dengan beban konstan agar daya dari *wind turbine* tetap muncul, beban yang digunakan adalah resistor 1 ohm ( $\Omega$ ) yang dihubungkan pada antar fase. Grafik perbandingan antara daya output masing – masing *wind turbine* dengan kecepatan angin ditunjukkan pada grafik gambar 4, 5.



Gambar 4. Perbandingan Daya Output TSD – 500 Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 5. Perbandingan Daya Output GH – 0.5K Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 6. Perbandingan Daya Output Kedua Wind Turbine Terhadap Kecepatan Angin

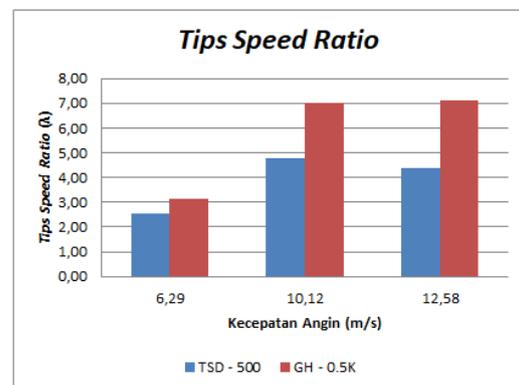
Gambar 6 menunjukkan bahwa *wind turbine* TSD – 500 lebih besar dan lebih sering membangkitkan daya dibandingkan *wind turbine* GH – 0.5K, dimana hal ini disebabkan karena *wind turbine* TSD - 500 membutuhkan kecepatan angin minimum untuk membangkitkan daya sebesar 3 m/s sedangkan GH – 0.5K membutuhkan kecepatan angin minimum untuk membangkitkan daya sebesar 6 m/s.

##### 4.2 Analisa Tips Speed Ratio ( $\lambda$ )

*Tip speed ratio* merupakan rasio kecepatan ujung *blade* terhadap kecepatan angin. *Tip speed ratio* dipengaruhi oleh putaran *blade wind turbine* (RPM) dan kecepatan angin (m/s), putaran *blade* diukur dengan menggunakan *tachometer non contact*. Pengukuran putaran *blade* dilakukan secara bersamaan. sample kecepatan angin diambil pada tanggal 2 November 2019 pukul 11.00 WITA, 12.00 WITA, dan 13.00 WITA.

Table 3. Data Perhitungan *Tip Speed Ratio*

RPM		Kecepatan Angin (m/s)	Tips Speed Ratio ( $\lambda$ )	
TSD - 500	GH - 0.5K		TSD - 500	GH - 0.5K
220,00	150,10	6,29	2,56	3,12
658,10	543,20	10,12	4,76	7,02
750,10	685,50	12,58	4,37	7,13



Gambar 7. Grafik *Tip Speed Ratio*

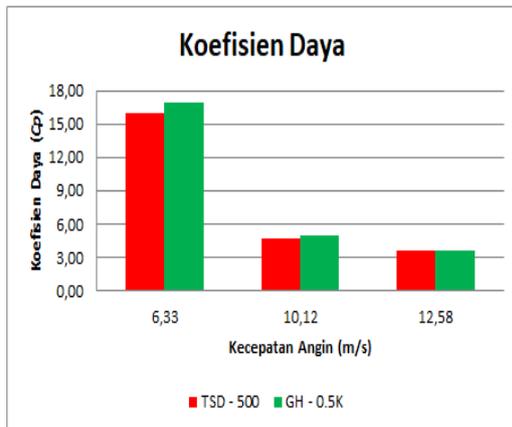
Gambar 7 menunjukkan hubungan kecepatan angin dengan *tips speed ratio*, *wind turbine* TSD – 500 memiliki nilai *tips speed ratio* lebih rendah dari pada *wind turbine* GH – 0.5K, hal ini di pengaruhi putaran *blade* dimana *wind turbine* TSD – 500 membutuhkan kecepatan angin sebesar 2,5 m/s untuk berputar sedangkan *wind turbine* GH – 0.5K sebesar 4 m/s dan diameter putaran *blade* dimana *wind turbine* TSD – 500 memiliki diameter sebesar 1,4 meter dan GH – 0.5K sebesar 2,5 meter.

### 4.3 Analisa Koefisien Daya (Cp)

Koefisien daya adalah nilai perbandingan daya yang mampu dihasilkan *wind turbine* dengan daya yang dihasilkan oleh *wind turbine*. Koefisien daya dapat dihitung dengan rumus (2), sample kecepatan angin diambil pada tanggal 2 November 2019 pukul 11.00 WITA ,12.00 WITA, dan 13.00 WITA.

Tabel 4. Data Perhitungan Koefisien Daya

Daya (watt)		Kecepatan Angin (m/s)	Koefisien Daya	
TSD - 500	GH - 0.5K		TSD - 500	GH - 0.5K
31,42	29,61	6,33	15,91	16,88
106,97	100,51	10,12	4,67	4,97
140,37	138,22	12,58	3,56	3,62



Gambar 8. Grafik Koefisien Daya

*Wind turbine* TSD - 500 memiliki nilai koefisien daya lebih kecil dari pada *wind turbine* GH – 0.5K, sehingga performa *wind turbine* TSD – 500 lebih bagus dibandingkan *wind turbine* GH – 0.5K di Program Studi Teknik Elektro, dimana hal ini disebabkan karena *wind turbine* TSD - 500 membutuhkan kecepatan angin minimum untuk membangkitkan daya sebesar 3 m/s sedangkan GH – 0.5K

membutuhkan kecepatan angin minimum untuk membangkitkan daya sebesar 6 m/s.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan *wind turbine* TSD - 500 membangkitkan daya dengan kecepatan angin minimum sebesar 3 m/s sedangkan GH – 0.5K membangkitkan daya dengan kecepatan angin minimum sebesar 6 m/s. *Wind turbine* TSD – 500 memiliki nilai *tips speed ratio* lebih rendah dari pada *wind turbine* GH – 0.5K, hal ini diakibatkan diameter putaran *blade wind turbine* TSD – 500 sebesar 1,4 meter sedangkan *wind turbine* GH – 0.5K sebesar 2,5 meter dan *wind turbine* TSD – 500 membutuhkan kecepatan angin sebesar 2,5 m/s untuk berputar sedangkan *wind turbine* GH – 0.5K sebesar 4 m/s. *wind turbine* TSD – 500 memiliki nilai koefisien daya lebih kecil dari pada *wind turbine* GH – 0.5K, sehingga performa *wind turbine* TSD – 500 lebih bagus dibandingkan *wind turbine* GH – 0.5K. *Wind turbine* GH – 0.5K sebaiknya ditempatkan pada daerah yang memiliki kecepatan angin minimum 6 m/s keatas agar *wind turbine* GH – 0.5K lebih maksimal untuk membangkitkan daya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero) Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) 2019-2028. Indonesia, 2019.
- [2] N. S. Gunawan, I. N. S. Kumara, R. Irawati. "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26,4 kWp Pada Sistem *Smart Microgrid* UNUD". *E-Journal SPEKTRUM*, Vol. 6, No. 3, pp. 1-9.
- [3] Pemerintah Republik Indonesia. Lampiran I Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2-17. Jakarta, 2018. No 79.
- [4] M. R. Wicaksana, I. N. S. Kumara, I. A. D. Girianatari, R. Irawati. "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 kWp Pada Kantor Gubernur Bali". *E-Journal SPEKTRUM*, Vol. 6, No. 3, pp. 107-113.

- [5] ESDM, Dokumentasi *Pilot Project Smart Grid in Microgrid* Universitas Udayana, 2017.
- [6] Sumiati, R., & Zamri, A. (2013). *Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik untuk Media Pembelajaran*. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 3, No. 2.
- [7] Bachtiar, Antonov., Hayattul, Wahyudi. (2018). *Analisa Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras*. Jurnal Teknik Elektro ITP, Vol. 7, No. 1.
- [8] PT. Lentera Angin Nusantara. *The Sky Dancer – 500*. Ciheras, 2015.
- [9] *Greef New Energy*. GH – 0.5k. Qingdao, 2015.
- [10] Hau Erich, dan Von Renouard, H.(2013). *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. New York : Springer. 21 – 23.