

# Analisis Potensi Energi Angin Dan Analisis Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Untuk Membangkitkan Energi Listrik (Studi kasus di Gunung Kincir, Desa Ciheras Kecamatan Cipatujah Kabupaten Tasikmalaya)

## Analysis Of Wind Energy Potentials And Technical Analysis Of Wind Turbine To Generate Electricity ( A Case Study At Gunung Kincir, Desa Ciheras Kecamatan Cipatujah Kabupaten Tasikmalaya).

Redno Pebrina Simamora<sup>1\*</sup>, Handarto<sup>2</sup>, Muhammad Saukat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung, Sumedang 45363

<sup>2,3</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung, Sumedang 45363  
Rednosimamora.rps@gmail.com<sup>1\*</sup>, handarto@unpad.ac.id<sup>2</sup>, msaukat@unpad.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak-**Salah satu energi terbarukan yang berpotensi di Indonesia adalah energi angin. Dalam Perpres 22/2017 menyajikan bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang dapat menghasilkan listrik hingga 60GW yang dikaji di 34 provinsi. Namun demikian, Indonesia masih sangat minim dalam mengimplementasikan energi baru terbarukan. Salah satu penyebab hal tersebut adalah kurangnya kajian tentang potensi energi angin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berapa besar potensi energi angin di Gunung Kincir untuk menghasilkan energi listrik. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Analisis potensi energi angin menggunakan data sekunder kecepatan angin di Gunung Kincir tahun 2014-2018 yang tersedia di National Aeronautics and Space Administration (NASA) dan menggunakan data primer dengan melakukan pengukuran secara langsung di Gunung Kincir selama 30 hari. Hasil analisis data menunjukkan bahwa Gunung Kincir memiliki kisaran rata-rata kecepatan angin yang bervariasi antara 2 m/s sampai 4,4 m/s dan memiliki kecepatan angin maksimum 11,18 m/s. Jenis turbin angin yang sesuai adalah Horizontal Axis Wind Turbine dengan jenis bilah inverted-taper menggunakan generator The Sky Dancer 500 (TSD 500). Berdasarkan analisis data menggunakan spesifikasi kincir angin TSD 500 kisaran energi listrik yang dapat dihasilkan adalah 390 Wh sampai 500 Wh dalam satu hari.

**Kata Kunci:** energi baru terbarukan, analisis potensi energi angin, energi listrik, kincir angin TSD 500.

**Abstract-** One of the potential renewable energy resources in Indonesia is wind energy. In Perpres No. 22/2017, reported that wind energy potential to generate electricity up to 60 GW of in 34 provinces.

---

SENTER 2019, 23 - 24 November 2019, pp. 91-100

ISBN: 978-602-60581-1-9

■ 91

*However, in Indonesia, the implementation of this energy have not maximize. One of the reason is Indonesia lack of of the study or experiment about the wind energy potential. The aim of this experiment is to analyse the capability of wind energy in Gunung Kincir to generate the electricity. The method that used in this experiment is descriptive method focus on quantity. Analyzing wind energy potential is using the secondary data of wind speed in Gunung Kincir in range time 2014-2018, it's provide in National Aeronautics and Space Administration (NASA). Primary data was produced by direct measurement in Gunung Kincir for 30 days. The result of the analyze data showing that the wind speed average in Gunung Kincir is in range 2 m/s-4.4 m/s, and the maximum speed is 11.8 m/s. The appropriate type of wind turbine is Horizontal Axis Wind Turbine with inversed taper blades using The Sky Dancer 500 (TSD 500) generators. Based on data analysis using TSD 500 wind turbine specifications, the range of electrical energy that can be generated is 38.87 Wh to 647.05 Wh in one day.*

**Keywords:** renewable energy, analysis of wind energy potential, electrical energy, wind turbine TSD 500.

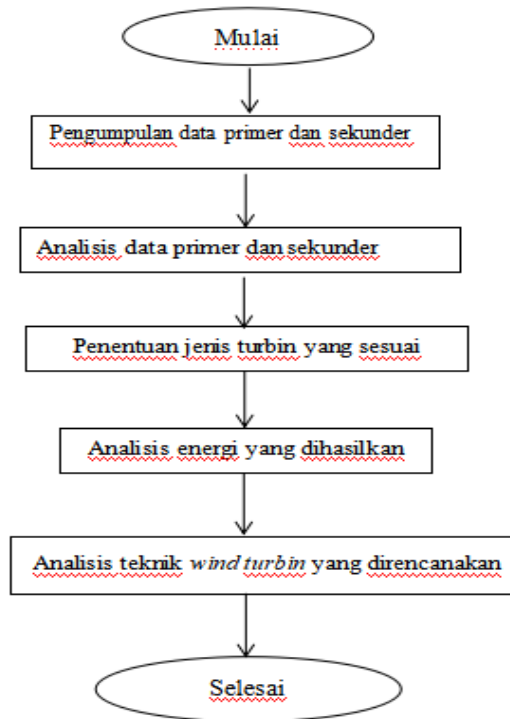
## 1. Pendahuluan

Penggunaan energi listrik saat ini terus meningkat yang mengakibatkan krisis listrik di Indonesia semakin bertambah. Saat ini sebagian besar energi yang digunakan rakyat Indonesia berasal dari bahan bakar fosil. Sedangkan penggunaan energi terbarukan masih sangat minim dilakukan salah satunya adalah energi angin. Dalam [7] menyajikan bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang dapat menghasilkan listrik hingga 60 GW yang dikaji di 34 provinsi. Konversi energi angin menjadi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan turbin angin. Sebuah pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa turbin angin sehingga menghasilkan listrik ke unit penyalur listrik. Ada beberapa tempat yang dapat meningkatkan kecepatan angin, di antaranya adalah daerah puncak bukit, daerah ini dapat meningkatkan kecepatan angin karena kerapatan angin akan bertambah ketika melewati sebuah bukit. Untuk pembangkit listrik tenaga angin berskala kecil dengan daya 20 W-500 W, umumnya membutuhkan kecepatan angin minimal 4,0-4,5 m/s [5].

Salah satu daerah terpencil di Indonesia yang dinilai memiliki potensi membangkitkan energi listrik adalah Desa Ciheras, lebih spesifiknya yaitu daerah Gunung Kincir. Gunung Kincir merupakan sebuah pemukiman penduduk yang memiliki topografi bukit di pesisir pantai. Penduduk Gunung Kincir pada umumnya sudah menggunakan listrik PLN untuk kebutuhan sehari-hari mereka. Namun, dengan pemanfaatan potensi energi angin di Gunung Kincir dapat membantu penduduk Gunung Kincir untuk mengurangi penggunaan listrik PLN. Penelitian tentang potensi energi angin di Desa Ciheras tepatnya di PT. Lentera Bumi Nusantara sudah pernah dilakukan oleh [2]. Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa potensi angin di pantai Ciheras memiliki potensi yang cukup baik, dimana kecepatan angin berkisar antara 3-12 m/s. Sehingga, melalui kajian potensi energi angin dapat diketahui seberapa besar energi listrik yang dapat dibangkitkan dengan karakteristik kecepatan angin di daerah Gunung Kincir, sehingga dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan PLTB skala mikro di daerah Gunung kincir.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tujuan dapat mengetahui potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dengan karakteristik kecepatan angin di Gunung Kincir. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan dilakukan di Gunung Kincir yaitu di Desa Ciheras kabupaten Tasikmalaya. Dengan menggunakan data sekunder kecepatan angin pada ketinggian 10 m tahun 2014-2018 dari NASA. Selain data sekunder, data yang digunakan adalah data primer kecepatan angin dengan pengukuran secara langsung di Gunung Kincir selama selama 24 jam dalam kurun waktu 30 hari. Selain kecepatan angin, pada data primer diperoleh pula suhu selama 24 jam dan ketinggian permukaan lokasi penelitian. Referensi [1], melakukan penelitian dengan prosedur dari mengukur kecepatan angin secara langsung selama 24 jam hingga menganalisis potensi energi angin yang dapat dibangkitkan dengan karakteristik kecepatan angin di lokasi penelitian. Pada penelitian ini tahapan kegiatan analisis energi angin di Gunung Kincir dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:

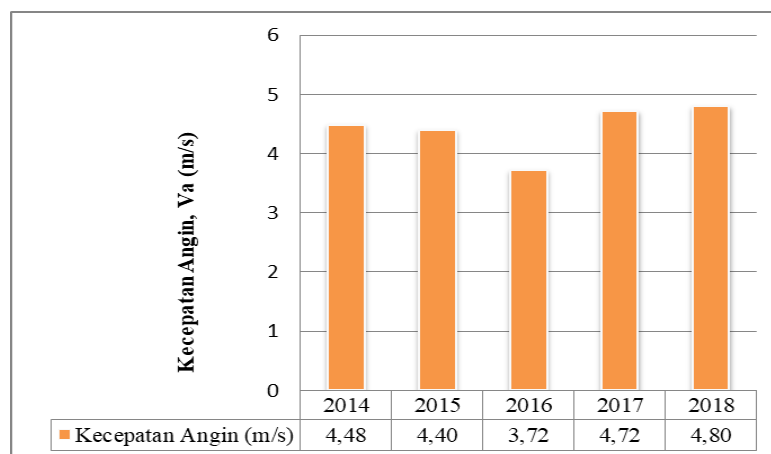


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

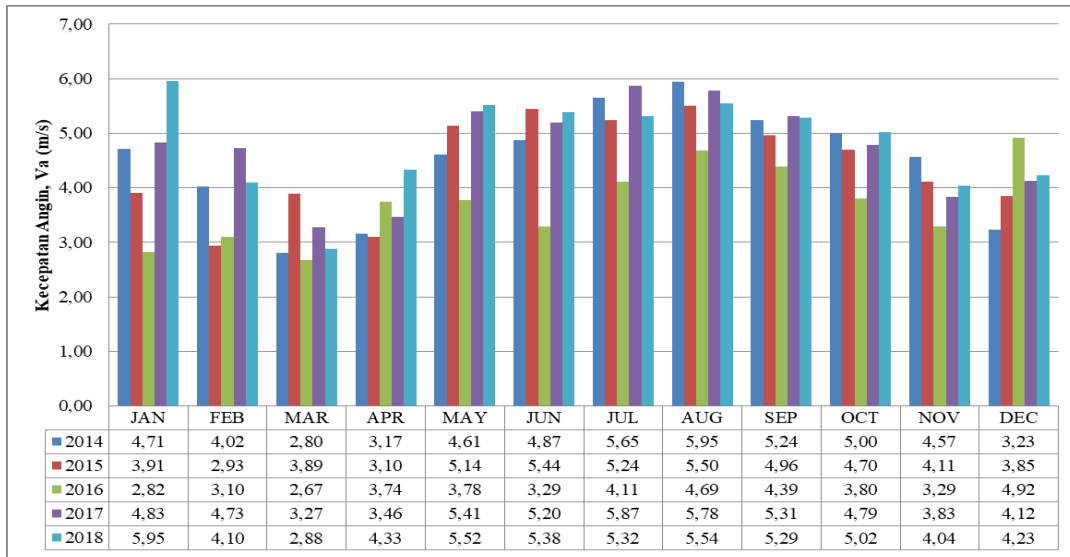
#### 3.1 Kecepatan Angin

Menentukan potensi energi angin untuk membangkitkan energi listrik maka perlu menentukan jenis kincir angin yang akan digunakan. Jenis kincir angin yang digunakan haruslah berdasarkan klasifikasi kecepatan angin di wilayah tersebut. Untuk menentukan klasifikasi kecepatan angin di Gunung Kincir dapat menggunakan data sekunder dan primer kecepatan angin. Pada Gambar 2 dapat dilihat kecepatan angin yang diperoleh dari tahun 2014-2018. Menunjukkan bahwa terdapat pola kecepatan angin yang mengalami naik turun dari tahun 2014-2018. Kecepatan angin yang dirata-ratakan menjadi kecepatan angin tahunan menunjukkan bahwa pada tahun 2018 yang lebih besar kecepatan anginnya.



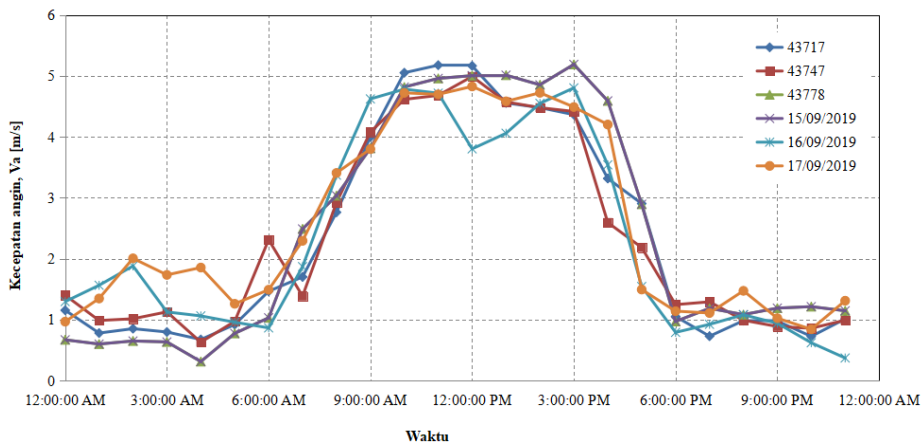
Gambar 2. Grafik Kecepatan Angin Tahunan

Grafik rata-rata kecepatan angin dari tahun 2014-2018 setiap bulannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Kecepatan Angin Bulanan

Menggunakan data kecepatan angin primer atau pengukuran secara langsung, dapat diketahui kecepatan rata-rata setiap harinya, dapat dilihat pada Gambar 4 rata-rata kecepatan angin selama 7 hari.



Gambar 4. Grafik Fluktuasi Kecepatan Angin Per Jam dalam 7 Hari.

### 3.2 Penentuan Jenis Kincir Angin

Berdasarkan kecepatan angin pada Tabel (1) dan (2) dapat diklasifikasikan bahwa rata-rata kecepatan angin di Gunung Kincir termasuk kecepatan rendah yaitu antara 2,5 m/s – 4,4 ms/s. Sehingga, jenis bilah yang sesuai untuk kecepatan rendah adalah *inverse-taper*, yaitu bilah yang memiliki ujung bilah yang lebih lebar dari pangkal bilah. Hal ini bertujuan supaya bilah dapat berputar pada kecepatan rendah. Menurut penelitian [3] berdasarkan hasil simulasi *coefficient of performance* terhadap TSR yang sama yaitu 1.8-2.6, jika dibandingkan dengan jenis bilah *taper* dan *taperless* dapat dilihat bahwa bilah *inversed taper* lebih unggul pada kecepatan angin rendah. Bilah *inversed taper* memiliki nilai  $C_p$  yang lebih baik. Jenis turbin angin yang digunakan adalah TSD 500 (*The Sky Dancer - 500*). Spesifikasi turbin angin TSD 500 (*The Sky Dancer 500*) terdapat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Spesifikasi *Wind Turbin* TSD 500 .Sumber: [9]

<i>System Name</i>	TSD 500
<i>Turbin Type</i>	HAWT ( <i>Horizontal Axis Wind Turbin</i> )
<i>Maximum Power Output</i>	500 Wp at 12 m/s above
<i>Start up Wind Speed</i>	2,5 m/s
<i>Cut in speed</i>	3 m/s
<i>Survival Wind Speed</i>	33 m/s
<i>Generator Type</i>	3-phase permanent magnet ( <i>Cogging-less technology</i> )
<i>Blade Diameter</i>	1,6 and 2 m
<i>Number of blades</i>	3 blades
<i>Blade material</i>	Pinewood
<i>Maximum RPM</i>	1000 RPM
<i>Storage System</i>	24 V
<i>Manufactured by</i>	Nidec Corp. Japan

### 3.3. Analisis Teknik *The Sky Dancer-500*

Analisis teknik bertujuan untuk menganalisa jenis kincir yang akan digunakan untuk menganalisis potensi energi angin di Gunung Kincir. Hasil analisis teknik akan menunjukkan performa dari jenis kincir angin yang akan digunakan. Untuk mengetahui performa kincir angin maka perlu dilakukan pengujian.

#### 3.3.1 Pengujian TSD-500 Bilah *inverse-taper*

Hasil pengujian pada Tabel 2 adalah hasil pengujian bilah jenis *inversed-tapper* selama 3 hari di lapangan yaitu di PT. Lentera Bumi Nusantara. Daya rata-rata dalam pengambilan baterai adalah total daya yang dihasilkan bilah dalam sehari dibagi banyaknya data yaitu sebanyak 86.400 data (data yang diambil adalah per detik).

Tabel 2. Hasil pengujian kincir angin TSD 500 tipe *inversed-tapper* Selama 3 Hari

		Tanggal Pengujian		
		07/09/2019	08/09/2019	09/09/2019
<b>Pengisian baterai</b>	Tegangan maksimum baterai (Volt)	26,08	26,55	27,10
	Tegangan minimum baterai (Volt)	24,82	24,82	24,85
	Arus maksimum (Ampere)	8,80	7,12	5,85
<b>Daya pengisian baterai</b>	Daya rata-rata (Watt)	11,68	10,96	7,77
	Daya maksimum (Watt)	226,70	183,83	151,27
	total daya (Watt hour)	280,45	263,16	186,46
<b>Potensi angin</b>	Kecepatan angin maksimum (m/s)	10,50	10,01	12,41
	Kecepatan angin minimum (m/s)	0,86	0	0
	Kecepatan angin rata-rata (m/s)	4,35	4,42	3,87

#### 3.3.2 Komponen Kincir Angin TSD-500

##### 1. Bilah

Bilah merupakan alat konversi energi angin. Energi angin yang memutar bilah akan diteruskan untuk memutar *shaft* pada generator sehingga dapat menghasilkan listrik. Jenis bilah yang digunakan menggunakan TSD-500 adalah sebagai berikut:

- Taper* (mengecil ke ujungnya)
- taperless* (pangkal dan ujungnya memiliki lebar yang sama)
- (melebar ke ujungnya)

##### 2. Generator

Generator yang digunakan pada TSD-500 adalah generator AC 3-phase permanent magnet (*Cogging-less technology*), 160 V, 3 A, 500 W, 1000 rpm. Perbedaan generator pada TSD-500 dibandingkan dengan generator turbin lainnya adalah generator ini memiliki teknologi *cogging-less*. Torsi *cogging* didefinisikan sebagai daya tarik atau interaksi kutub magnet rotor terhadap core pada stator yang menyebabkan suatu hentakan yang dapat mengurangi efisiensi generator.

**3. Fin**

*Fin* atau ekor turbin angin berfungsi mengarahkan arah angin. Ukuran ekor perlu disesuaikan dengan turbin angin sehingga mampu mendorong badan turbin ke arah angin. Teknologi ini disebut dengan teknologi *furling*. TSD-500 memiliki sirip ekor yang terbuat dari bahan fiber dan batang ekornya terbuat dari besi. Dengan teknologi *furling* akan memaksimalkan proses konversi energi atau melawan kecepatan angin yang sangat tinggi atau ekstrim. Teknologi *furling* pada TSD 500 digunakan sebagai rem sehingga turbin angin TSD 500 tidak memerlukan rem karena *fin* akan berputar menjauhi arah datangnya angin ketika angin datang di atas kecepatan maksimal

**4. Charge controller**

Sistem *controller* yang digunakan pada PLTB di PT. Lentera Bumi Nusantara memiliki tiga peran utama yaitu; pertama sebagai alat konversi energi listrik dari AC menjadi DC. Kedua, berperan untuk menstabilkan tegangan yang fluktuatif dari generator sebelum disimpan di dalam baterai. Ketiga, berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi dari generator menjadi tegangan yang sesuai dengan baterai.

**5. Datalogger**

*Data logger* berperan sebagai media penyimpanan data tegangan dan arus dari *controller* akan melewati *data logger* untuk direkam, setelah itu tegangan dan arus ini kembali dialirkan menuju baterai. Rekaman data disimpan di dalam SD Card dalam format Excel seperti waktu perekaman dalam detik, tegangan, arus, kecepatan, dan arah angin.

**6. Baterai**

Baterai berperan sebagai media penyimpanan energi listrik. Pada baterai terjadi reaksi elektrokimia *charging* dan *discharging*. Proses *charging* ini bekerja saat baterai berfungsi sebagai beban dan sumber energinya dari generator, sementara itu proses *discharging* adalah ketika baterai menjadi sumber energi untuk pengisian beban lainnya.

**7. Inverter**

*Inverter* berfungsi sebagai alat konversi listrik DC dari baterai (12/24 V) menjadi listrik AC (220 V) sehingga bisa digunakan untuk peralatan listrik AC, seperti peralatan rumah tangga sehari-hari yaitu lampu, televisi kulkas,dll.

**8. Beban**

Beban yang yang digunakan dari pembangkit listrik tenaga angin dari TSD-500 yaitu 3 buah lampu sorot, lampu TL dan lampu LED, rumah produksi teh daun kelor, ruang *e-learning*, ruang *student learning center* dan *workshop*.

**3.4 Penentuan Parameter Bilah**

Parameter yang digunakan untuk perhitungan energi listrik dengan bilah *inverse-taper* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Kincir Angin TSD-500 dengan Bilah *Inversed-Tapper*

Daya Listrik P (Watt)	Efisiensi					Daya angin, P (Watt)	Kecepatan angin max (m/s)	Massa jenis udara (kg/m <sup>3</sup> )	Luas sapuan (m <sup>2</sup> )	Jari-jari (m)	Jari-jari yang digunakan (m)
	Bilah	Transmisi	Generator	Controller	Sistem						
500	0,3	1	0,9	0,9	0,243	2057,61	12,00	1,23	1,94	0,79	0,8
	0,4				0,324				1,46		

**3.5 Estimasi Daya Angin**

Setelah mengetahui kecepatan angin di Gunung Kincir maka dapat diketahui daya angin di Gunung Kincir. Perhitungan daya angin yang dapat dihasilkan persatuan luas penampang sudu kincir angin mengacu pada (1) sesuai [4]. Dimana *E* merupakan energi kinetik dengan satuan W, *ρ* adalah densitas udara dengan

satuan  $\text{kg/m}^3$ ,  $A$  merupakan luas sapuan rotor dengan satuan  $\text{m}^2$  dan  $v$  merupakan kecepatan angin dengan satuan  $\text{m/s}$ .

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \tag{1}$$

Pada penelitian ini densitas udara yang digunakan harus dicari lagi, dikarenakan permukaan lokasi penelitian berada di perbukitan sehingga tidak sama dengan densitas udara di permukaan laut. Perhitungan untuk mencari densitas udara yaitu mengacu pada (2). Pada (2),  $p$  merupakan tekanan udara di lokasi penelitian dengan satuan  $\text{kg/m}^3$  dapat dicari menggunakan (3) dengan  $h$  atau ketinggian lokasi penelitian adalah 212,4 mdpl. Nilai  $M_r$  atau massa relatif udara adalah 28,97  $\text{kg/kmol}$ , nilai  $R$  yang merupakan tetapan gas umum udara adalah 8,314  $\text{kJ/kmol K}$ ,  $P_u$  atau tekanan udara pada permukaan laut adalah 76 cmHg dan suhu yang digunakan atau  $T$  adalah dalam satuan Kelvin. Dengan mencari nilai rata-rata suhu selama 24 jam di Gunung Kincir, maka diperoleh suhu rata-ratanya adalah 26,04  $^{\circ}\text{C}$ , jika diubah dalam satuan Kelvin maka nilai suhu adalah 299,19 K.

$$\rho = \frac{p \times M_r}{R \times T} \tag{2}$$

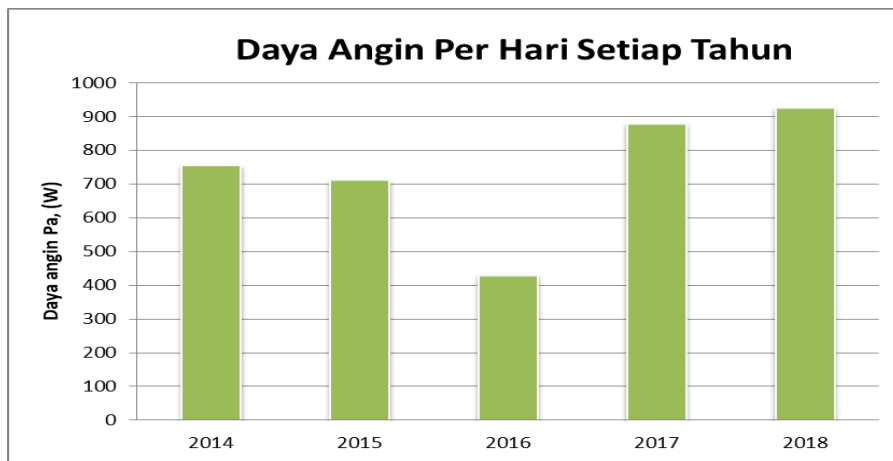
$$p = (P_u - h/100) \tag{3}$$

Sebelum menentukan densitas udara perlu diketahui terlebih dahulu tekanan udara, perhitungan tekanan udara dan densitas udara dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

$$p = (76 \text{ cmHg} - (212,4) / 100) = 73,88 \text{ cmHg}$$

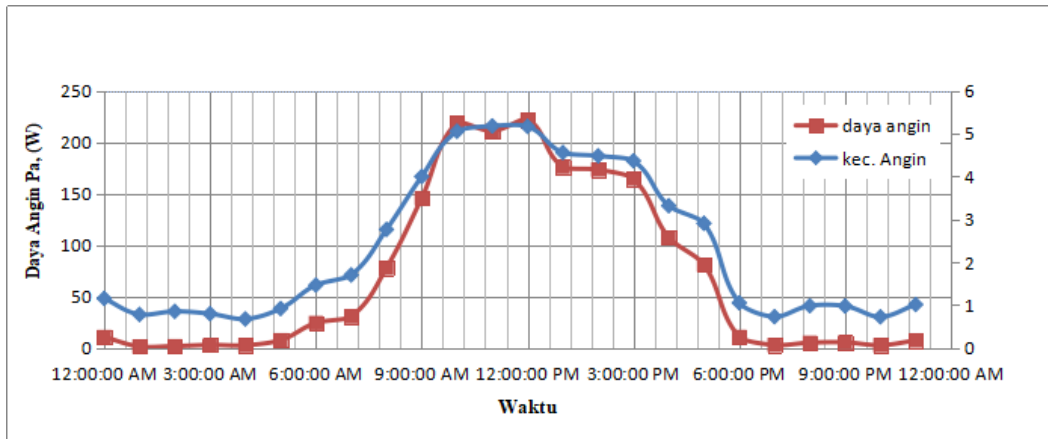
$$\rho = \frac{73,88 \text{ cmHg} \times 28,97 \text{ kg/kmol}}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}} \times 299,37 \text{ K}} = 0,86 \text{ kg/m}^3$$

Berdasarkan nilai-nilai yang sudah diketahui dan menggunakan parameter bilah pada Tabel 2, maka dapat diketahui daya angin per hari menggunakan data sekunder. Dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Daya Angin yang Dihasilkan Setiap Hari dalam Kurun Waktu Per Tahun

Menggunakan data primer atau pengukuran kecepatan angin secara langsung dapat diketahui, daya angin yang dapat dihasilkan selama 24 jam. Pada Gambar 6 dapat dilihat distribusi kecepatan angin terhadap daya angin selama 24 jam.



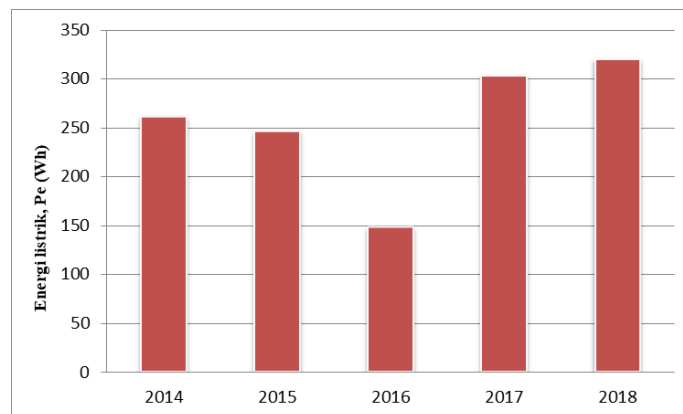
Gambar 6. Distribusi Daya Angin terhadap Kecepatan Angin

### 3.6 Estimasi Energi Listrik

Setelah menghitung energi angin, selanjutnya adalah menghitung energi listrik. Menghitung energi listrik yang mungkin dihasilkan oleh suatu kincir angin dengan prediksi jari-jari bilah 0,8 m. Maka dapat dihitung menggunakan (4) yang mengacu pada (Piggott, 1997) . Dimana P adalah daya angin dengan satuan W, Cp adalah efisiensi bilah, dan  $\phi_{\text{elektrik}}$  merupakan efisiensi generator, transmisi dan efisiensi *controller* yang mengacu pada Tabel 3.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot c_p \cdot \phi_{\text{elektrik}} \tag{4}$$

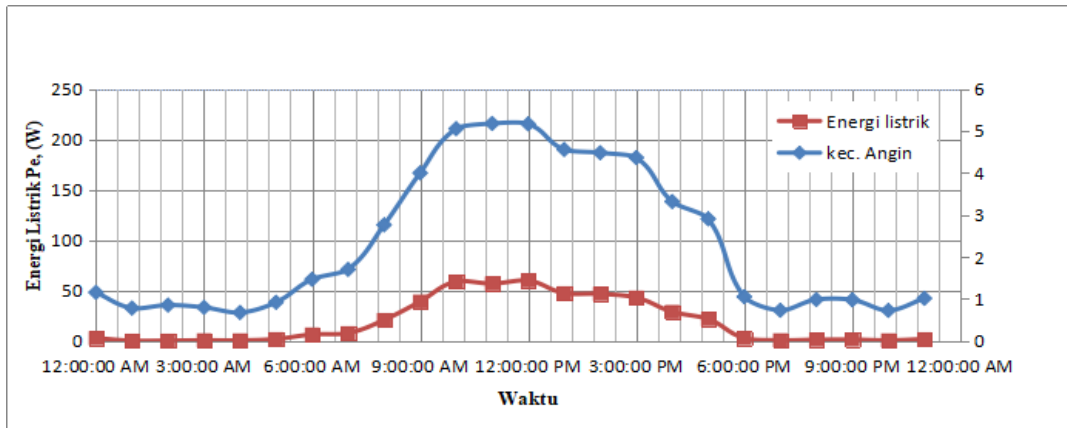
Dimana efisiensi bilah yang digunakan adalah 0,3. Referensi [6] mengatakan bahwa koefisien daya maksimum untuk *inversed-tapper* adalah 0,313 pada kecepatana angin 8 m/s memiliki kinerja daya yang lebih tinggi dibandingkan bilah *tapper*. Dengan menggunakan data sekunder dapat dilihat rata-rata energi listrik yang dihasilkan per hari dari tahun 2014-2018 yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Energi Listrik Per Hari Dari Tahun 2014-2018

Dengan menggunakan data primer, maka dapat diketahui energi listrik yang dapat dihasilkan selama 24 jam. Gambar 8 menunjukkan distribusi energi listrik terhadap kecepatan angin selama 24 jam.





Gambar 8. Distribusi Energi listrik terhadap kecepatan angin per jam

Berdasarkan hasil perhitungan asumsi daya, maka dapat dilihat daya kincir dan daya angin yang dihasilkan setiap hari, yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Menggunakan Data Primer

Tanggal	Maximum kec. Angin (m/s)	Average kec. Angin (m/s)	Maximum. daya angin (W)	Average daya angin (W)	Maximum. daya kincir (W)	Average daya kincir (W)	Obtained daya kincir (Wh)
09/09/2019	11,18	2,32	1166,83	70,53	315,07	18,84	452,25
10/09/2019	11,18	2,32	1166,83	71,00	315,07	18,99	455,78
11/09/2019	11,18	2,42	1166,83	77,59	315,07	20,83	499,88
15/09/2019	11,18	2,42	1166,83	77,59	315,07	20,83	499,88
16/09/2019	11,06	2,29	1132,51	68,27	305,80	18,28	438,72
17/09/2019	13,15	2,53	1899,99	70,23	513,04	18,82	451,59
18/09/2019	10,96	2,45	1099,53	63,27	296,90	16,89	405,40

### 3.7 Pembahasan

#### 3.7.1 Kecepatan Angin

Berdasarkan hasil analisis data sekunder dari NASA diperoleh rata-rata kecepatan angin harian adalah 4,4 m/s dan nilai rata-rata kecepatan angin yang paling sering muncul adalah 5-5,5 m/s yaitu sebanyak 265 hari dalam kurun waktu 5 tahun. Dalam kurun waktu lima tahun menunjukkan bahwa kecepatan angin paling tinggi adalah pada bulan Juli-Agustus.

Sedangkan, berdasarkan hasil analisis data primer yaitu data pengukuran kecepatan angin secara langsung diperoleh rata-rata kecepatan angin adalah 2-3 m/s dan kecepatan angin maksimum adalah 11,18 m/s. Kecepatan angin yang berpotensi untuk menghasilkan energi listrik terjadi dari pukul 08.00 sampai 18.00. Kecepatan angin yang dihitung berpotensi untuk menghasilkan energi listrik adalah kecepatan di atas 2,5 m/s, sehingga tidak semua jenis kecepatan angin dapat menghasilkan energi listrik. Kecepatan di atas 2,5 m/s digunakan dikarenakan kecepatan *cut-in* atau kecepatan minimum untuk menghasilkan daya menggunakan kincir angin TSD 500 dengan jenis bilah *inversed-taper*. Kecepatan angin paling sering muncul selama pengukuran di Gunung Kincir adalah 1-1,5 m/s. Namun demikian, kecepatan angin tersebut tidak dapat disimpulkan kecepatan angin keseluruhan di Gunung Kincir. Karena tetap ada kecepatan angin di atas kecepatan tersebut yang dapat menghasilkan energi listrik.

#### 3.7.2 Energi Angin

Menggunakan data kecepatan angin dan data suhu udara maka dapat diperoleh rata-rata daya angin pada data sekunder dalam kurun waktu per bulan antara 29,81 W-176,20 W per jam

setiap hari. Daya tersebut adalah daya yang dihasilkan dengan menggunakan data kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Sedangkan daya angin per jam menggunakan data primer dalam waktu 24 Jam adalah 70,53 W dan rata-rata daya angin maksimum adalah 223,35 W.

### 3.7.3 Energi Listrik yang dapat dibangkitkan

Berdasarkan hasil perhitungan data sekunder seperti pada Tabel 5, rata-rata daya listrik yang dihasilkan per jam selama satu bulan adalah dari 4,565 W sampai 42,818 W. Sementara daya listrik yang dapat dihasilkan dalam satu hari adalah dari 38,87 Wh sampai 428,17 Wh.

Daya listrik yang dapat dihasilkan menggunakan data kecepatan angin dengan pengukuran langsung adalah berkisar dari 392,22 Wh sampai 499,88 Wh dalam satu hari. Rata-rata daya kincir yang dihasilkan per jam adalah 18,84 W.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin yang dapat dimanfaatkan adalah 10 jam, yaitu dari pukul 08.00 sampai 18.00, dengan kecepatan angin rata-rata dari 2 sampai 4 m/s dan kecepatan angin maksimum adalah 11,8 m/s. Dengan karakteristik kecepatan angin di Gunung Kincir, rata-rata energi angin yang dapat dihasilkan setiap hari adalah dari 60,14 sampai 77,59 W per jam. Berdasarkan pengukuran kecepatan angin secara langsung, rata-rata total energi listrik yang dapat dihasilkan dalam satu hari adalah dari 392,22 sampai 499,18 Wh dengan menggunakan satu buah kincir angin. Sehingga, jika menggunakan 10 buah kincir maka dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik 10 rumah penduduk di sekitar Gunung Kincir, dengan estimasi satu rumah menggunakan maksimum 500 Wh

## REFERENSI

- [1] Alimuddin, S., & Daud, P. (2005). Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik. *Jurnal SMARTek*, 3(1), 21–26. Retrieved from <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/336>.
- [2] Bachtiar, A., & Hayattul, W. (2018). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin. *Teknik Elektro*, 7(1), 35–45.
- [3] Handoko, A. D. W. I. (2019). *Jenis Semi-Inversed Taper Untuk Angin Berkecepatan Angin Rendah*. Fakultas Teknik Universitas Surya: Tangerang.
- [4] Hau, E. (2015). Wind turbines. In *Fluid Mechanics and its Applications* (Vol. 109). [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9627-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9627-9_10)
- [5] Nawawi, I., & Fatkhurrozi, B. (2016). Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Kecil Pada Bangunan Bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2014.3002>
- [6] Otieno Saoko, Churchill, Joseph Ngugu Kamau, Robert Kinyua, Yohifumi Nishizawa, I. U. (2015). Power Performance of an Inversely Tapered Wind Rotor and its Air Flow Visualization Analysis Using Particle Image Velocimetry (PIV). *American Journal of Physics and Applications*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.11648/j.ajpa.20150301.12>
- [7] Perpres No. 22/2017. (n.d.). *Tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*.
- [8] Piggott, H. (1997). *Windpower Workshop*. USA: centre for alternative technology.
- [9] PT. Lentera Bumi Nusantara. (2014). *Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin*.