

## **Uji Potensi Kecepatan Angin Sebagai Sumber Energi Alternatif di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia**

Lana Bimantara<sup>1</sup>, Hendra Setiawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia  
\*Corresponding E-mail : [hendra.setiawan@uii.ac.id](mailto:hendra.setiawan@uii.ac.id)

### **ABSTRAK**

Pada penelitian ini dilakukan uji potensi kecepatan angin pada lingkungan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) guna mengetahui potensi angin yang ada di lingkungan kampus UII sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Data yang dikumpulkan adalah data kecepatan angin yang diambil dalam rentang bulan Oktober dan Desember pada 30 titik lokasi yang ada di lingkungan kampus UII. Pengambilan data kecepatan angin juga dilakukan dalam 3 kali sehari yaitu pagi hari pada pukul 09.00 WIB, siang hari pukul 13.00 WIB dan sore hari pukul 15.30 WIB. Dari data yang terkumpul diperoleh bahwa kecepatan rata-rata angin adalah 2,080 m/s. Berdasarkan lokasi, kecepatan rata-rata angin terendah bernilai 1,5 m/s yang terletak pada gedung FTI lantai 2 sisi utara. Selama periode pengamatan, kecepatan angin maksimal diperoleh 4,6 m/s di atap gedung FTI lantai 4 sisi barat. Berdasarkan tanggal pengambilan data, kecepatan rata-rata angin tertinggi terdapat pada tanggal 30 Oktober 2019 yaitu 1,5111 m/s dan nilai rata-rata terendah pada tanggal 17 Desember 2019 dengan nilai 0,369 m/s. Berdasarkan tiga waktu pengambilan data, kecepatan rata-rata angin siang hari lebih besar daripada kecepatan angin di pagi dan sore hari. Dengan memperhitungkan luas penampang turbin, efisiensi generator, efisiensi gearbox dan jenis turbin yang digunakan maka nilai daya yang dihasilkan berkisar antara 0,1133 - 2,6579 watt. Jika memperhitungkan 10 turbin maka daya yang dihasilkan sebesar 232,8373695 kWh dengan potensi penghematan sebesar Rp. 382.905,7109 pertahun.

**Keywords:** Energi angin; Energi terbarukan; Turbin angin; Potensi angin

### **ABSTRACT**

*In this study, a potential wind speed test was conducted on the integrated campus environment of the Islamic University of Indonesia (UII) to determine the potential for wind in the UII campus environment as a renewable alternative energy source. The data collected is wind speed data taken from October and December at 30 location points in the UII campus environment. Wind speed data collection is also carried out 3 times a day, namely in the morning at 09.00 WIB, afternoon at 13.00 WIB and in the afternoon at 15.30 WIB. From the data collected, it is found that the average wind speed is 2,080 m / s. Based on the location, the lowest average wind speed is 1.5 m / s which is located on the second floor of the FTI building on the north side. During the observation period, the maximum wind speed was obtained at 4.6 m / s on the roof of the FTI building on the 4th floor west side. Based on the data collection date, the highest average wind speed was on October 30, 2019, namely 1.5111 m / s and the lowest average value was on December 17, 2019 with a value of 0.369 m / s. Based on the three times of data collection, the average wind speed during the day is greater than the wind speed in the morning and evening. Taking into account the cross-sectional area of the turbine, the efficiency of the generator, the efficiency of the gearbox and the type of turbine used, the resulting power value ranges from 0.1133 - 2.6579 watts. If you take into account the 10 turbines, the power generated is 232.8373695 kWh with a potential savings of Rp. 382,905,7109 per year.*

**Keywords:** wind energy; Renewable energy; Wind turbine; Potential wind

## 1. Pendahuluan

Perguruan tinggi atau kampus merupakan konsumen energi listrik dengan daya yang cukup besar. Berdasarkan data penelitian Sanurya Putri Purbaningrum [1] konsumsi penggunaan energi listrik pada Gedung Pusat Universitas Gadjah Mada (UGM) bagian sayap Selatan dan Timur mengkonsumsi listrik sebesar 322.774 kWh selama 1 tahun dengan luas bangunan 7586,32 m<sup>2</sup>. Penggunaan listrik pada gedung-gedung di kampus juga masih bergantung pada Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang masih menggunakan bahan bakar fosil dalam pembangkitannya.

Penggunaan konsumsi energi listrik yang terus meningkat mengakibatkan bahan bakar fosil semakin menipis dan berkurang. Sehingga perlu mencari sumber energi alternatif guna mengontrol dan menyuplai konsumsi energi listrik saat ini. Salah satu sumber energi alternatif yang memiliki peluang potensi cukup besar di Indonesia adalah energi angin. Pemanfaatan angin sebagai energi alternatif dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan hembusan angin yang dipengaruhi oleh tekanan udara yang tinggi ke tekanan udara yang rendah. Salah satu negara yang sudah memanfaatkan energi alternatif di daerah kampus adalah kampus *Luther College* yang menggunakan pembangkitan listrik dengan energi angin dan Universitas *Kirklareli* Turki yang menggunakan pembangkit listrik dengan energi matahari. Kampus *Luther College* telah mengaplikasikan turbin angin dengan daya 3,6 juta kWh listrik pertahun yang merupakan sekitar 27 % dari seluruh daya yang dikonsumsi [2][3].

Uji potensi angin ini sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya. Pada tahun 2018, Ihat Solihat, dkk [4] melakukan kajian mengenai potensi angin sebagai energi alternatif dan terbarukan pembangkit listrik di Universitas Pamulang. Pengukuran kecepatan angin dilakukan pada 5 titik di ketinggian 5 m di waktu pagi dan siang hari. Data diperoleh pada titik 3 di pagi hari dan titik 4 di siang hari dengan kecepatan angin 1,7 m/s dan 3,7 m/s dengan daya yang dihasilkan 350 Watt. Data tersebut digunakan sebagai acuan dalam pembuatan prototype PLTB. *Prototype* dirancang dengan diameter velg roda 50 cm dan panjang pipa paralon 100 cm. Hasil uji coba pada *prototype* berhasil dilakukan dengan indikator *Light*

*Emitting Diode* (LED) yang menyala dan *prototype* menggunakan kipas angin.

Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Alimuddin Sam dan Daud Patabang [5] yang membahas mengenai potensi energi angin di kota Palu untuk membangkitkan energi listrik. Pada penelitian tersebut kecepatan angin digunakan untuk memutar sudu kincir didapatkan pada pukul 11.30 sampai pukul 15.00 dengan kecepatan angin 3 sampai 9,5 m/s. Pada kondisi tersebut energi angin antara 87 sampai 2,572 kWh/m<sup>2</sup> dan daya yang dihasilkan adalah 3,9 sampai 117 watt/m<sup>2</sup>. Jika diameter kincir angin yang digunakan 5 m didapatkan energi listrik sebesar 76,5 sampai 2297 watt dan bila diameter kincir angin 7 m maka didapatkan daya energi listrik 150 watt sampai 4500 watt.

Pada tahun 2009, Soeripno MS dan Ibrochim [6] melakukan analisa potensi angin pada daerah Lebak Banten dengan menggunakan metode simulasi dan data masukannya berupa vektor. Pada penelitian ini data pengukuran kecepatan angin dilakukan selama setahun pada bulan Maret 2006 sampai dengan Maret 2007. Dengan menggunakan *software WAsp* kecepatan angin rata-rata tahunan sebesar 5,86 m/s dan rapat daya angin rata-rata tahunan adalah 225 W/m<sup>2</sup>. Lokasi yang dianalisa dilakukan pada area terbuka dan sedikit rintangan berupa pepohonan dan bukit-bukit kecil yang tidak rapat dan tersebar, sehingga nilai hasil simulasi diambil nilai rata-rata sebesar 1% dari parameter indikator RIX yang mengakibatkan gesekan antara laju angin dengan *obstacles* relatif kecil. Dengan mengasumsikan pemasangan SKEA berkapasitas 1,5 MW maka nilai rata-rata energi listrik yang dihasilkan dalam setahun adalah 3,263 GWh/tahun.

Selanjutnya, berdasarkan penelitian Dani Perwita Sari dan Wida Banar Kusumaningrum [7], diketahui bahwa secara keseluruhan dibandingkan lokasi lainnya di provinsi di Jawa Tengah, Semarang dan Yogyakarta menawarkan potensi angin lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena Yogyakarta dan Semarang memiliki potensi untuk bangunan bertingkat tinggi yang terintegrasi dengan turbin angin.

Kampus terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) merupakan kampus yang sedang berkembang. Dimana banyak gedung yang menggunakan energi listrik sebagai kebutuhan

sehari-harinya. Melihat letak dari geografis kampus UII, ada potensi alam untuk dikembangkan sebagai teknologi terbarukan. Karena berada di dataran tinggi lereng kaki Merapi yang terdapat angin lembah dan angin gunung untuk dijadikan energi alternatif. Namun untuk saat ini belum ada kajian mengenai energi angin sebagai energi alternatif di lingkungan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia.

Oleh karena itu di dalam penelitian ini mengkaji uji potensi kecepatan angin pada lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia guna sebagai energi alternatif pembangkit listrik teknologi terbarukan yang ramah lingkungan dan terjamin ketersediannya.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Angin

Angin merupakan udara yang bergerak karena adanya tekanan di permukaan bumi, angin bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan rendah. Angin yang bertiup terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara. Angin atau udara yang bergerak pada dasarnya ada berbagai macam. Menurut [4], beberapa jenis angin adalah: angin darat dan angin laut, angin gunung dan angin lembah, angin siklon dan angin asiklon, angin Fohn, angin muson barat dan muson timur. Kampus UII yang berada di lereng gunung Merapi secara geografi seharusnya dilewati semua jenis angin tersebut kecuali angin darat dan angin laut.

Tingkat kecepatan angin berdasarkan kondisi alam [8] dapat dikelompokkan dalam beberapa kelas sebagaimana disajikan dalam Tabel 1 berikut:

**Tabel 1:** Tingkat Kecepatan Angin Berdasarkan Kondisi Alam

Kelas	Kecepatan (m/s)	Kondisi Alam
1	0 - 0,2	-
2	0,3 - 1,5	Angin tenang, asap lurus keatas
3	1,6 - 3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4 – 5,4	Wajah terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan

Kelas	Kecepatan (m/s)	Kondisi Alam
5	5,5 -7,9	Kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8 – 10,7	Bendera berkibar, ranting pohon bergoyang
7	10,8 – 13,8	Air di kolam berombak kecil
8	13,9 – 17,1	Ujung pohon melengkung, angi terasa ditelinga
9	17,2 – 20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20,8 – 24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5 – 28,4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5 – 32,6	Menimbulkan kerusakan parah

Berdasarkan [9] potensi angin di Indonesia cukup besar untuk dikembangkan sebagai energi alternatif pembangkit listrik. Berikut data hasil studi dari beberapa lokasi kecepatan angin di daerah Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2:** Hasil studi kecepatan angin di Indonesia

No.	Tempat Studi	Kecepatan angin rata-rata (m/s)
1	Joneponto, Sulawesi Selatan	7,96
2	Garut, Jawa Barat	6,57
3	Sidrap, Sulawesi Selatan	6,43
4	Sukabumi, Jawa Barat	6,27
5	Baron, DIY	6,13
6	Oelbubuk, NTT	6,1
7	Lebak, Banten	5,58
8	Purworejo, Jawa Tengah	5,16
9	Selayar, Sulawesi Selatan	4,6
10	Bantul, DIY	4
11	Nusa Penida, Bali	2,73

Berdasarkan tabel 2 maka tampak bahwa kecepatan angin di Yogyakarta mempunyai

potensi yang mencukupi untuk dipergunakan sebagai sumber energi alternatif.

## 2.2 Energi Listrik Tenaga Angin

Energi angin merupakan energi kinetik yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk memutar sudu kincir pada turbin. Energi angin dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menghitung daya angin dengan rumus berikut.

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

dengan:

- $P_w$  : Daya angin (W)  
 $\rho a$  : Kerapatan angin pada waktu tertentu (kg/s) (ketetapan  $\rho a = 1,225$  kg/s)  
 $v$  : Kecepatan angin pada waktu tertentu (m/s)  
 $A$  : Luas daerah sapuan angin (m<sup>2</sup>) bisa ditulis ( $A = \pi r^2$ )

Untuk menghasilkan daya efektif dari angin yang dihasilkan oleh turbin angin, maka digunakan rumus sebagai berikut:

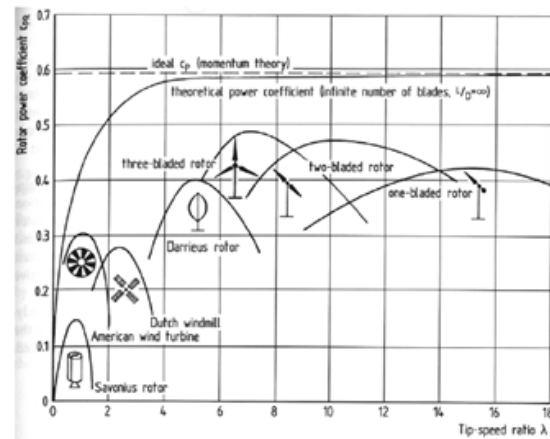
$$P_A = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v^3 \quad (2)$$

dengan:

- $P_A$  : Daya turbin angin (W)  
 $\rho a$  : Kerapatan angin pada waktu tertentu (kg/s) (ketetapan  $\rho a = 1,225$  kg/s)  
 $v$  : Kecepatan angin pada waktu tertentu (m/s)  
 $A$  : Luas daerah sapuan angin (m<sup>2</sup>) ( $A = \pi r^2$ )  
 $C_p$  : Koefisien daya

Perancangan Turbin angin memiliki koefisien daya ( $C_p$ ) yang memiliki nilai dibawah kostanta *betz law*, karenakan adanya rugi-rugi seperti rugi-rugi tembaga, rugi-rugi besi, rugi-rugi *bearing*, dan lain-lain. Besarnya nilai  $C_p$  ini tergantung pada jenis turbin yang akan digunakan [10] dan dapat dilihat pada Gambar 1.

Selanjutnya untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik diperlukan generator. Generator merupakan sumber energi listrik yang



**Gambar 1:** Nilai Koefisien Daya Dari Berbagai Macam Turbin [10]

dihasilkan dari energi mekanik menjadi listrik. Daya generator ada karena berputarnya rotor pada generator yang dikopel oleh poros turbin. Besar daya yang dibangkitkan oleh generator tergantung oleh besarnya efisiensi generator dan efisiensi pada transmisi mekanik (*gearbox*). Efisiensi *gearbox* (bisa mencapai 95%) dan efisiensi generator ( $\eta_{gen}$ , 80%) [11]. Maka daya yang dibangkitkan oleh generator dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_{gen} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta_{gearbox} \cdot \eta_{gen} \quad (3)$$

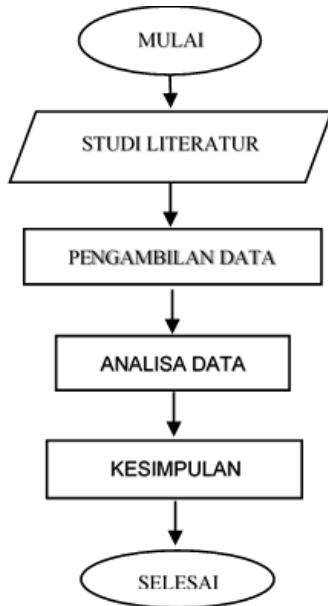
dengan:

- $P_{gen}$  : Daya generator (Watt)  
 $\eta_{gearbox}$  : Efisiensi gearbox / transmisi mekanik  
 $\eta_{gen}$  : Efisiensi generator

## 3. Metodologi Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan dijelaskan pada diagram alir dalam Gambar 2. Alat yang digunakan adalah Anemometer dengan spesifikasi mampu mengukur kecepatan angin dari 0,7 m/s – 30 m/s dan suhu udara operasinya: 10°C – 45°C. Metode pengambilan data dilakukan secara langsung dengan mengukur kecepatan angin yang ada di kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Pengambilan data dimulai pada tanggal 14 - 30 Oktober 2019 dan dilanjutkan pada tanggal 2 – 31 Desember 2019 pada hari Senin – Jumat pada 30 titik lokasi di lingkungan kampus terpadu UII yang berada di gedung Fakultas Teknologi Industri, gedung fakultas Ilmu Agama Islam,

jalan Boelevard dan Lapangan Sepakbola UII. Waktu pengambilan data dilakukan tiga kali dalam sehari yaitu pagi hari pukul 09.00 WIB, siang hari pukul 13.00 WIB dan sore hari pukul 15.30 WIB.



**Gambar 2:** Diagram alir penelitian

Saat pengambilan data kecepatan aliran angin, pengambilan data tidak terpaku pada satu arah mata angin dan data yang diambil adalah nilai tertinggi dari hasil pengukuran pada setiap titik lokasi pengambilan data. Dalam pengambilan data terdapat lokasi yang tidak dilakukan pengukuran kecepatan angin yaitu saat kondisi hujan diatap gedung Fakultas Teknologi Industri (FTI).

Analisa dilakukan terhadap variabel lokasi, hari/tanggal, dan waktu pengambilan data (pagi, siang, sore). Lokasi pengambilan data ada di 30 tempat sebagaimana disajikan dalam Tabel 3. Sedangkan waktu pengambilan data dilakukan pada setengah bulan terakhir bulan Oktober dan satu bulan penuh di bulan Desember. Beberapa data tidak terekam karena kondisi cuaca yang hujan.

**Tabel 3:** Titik pengamatan/pengambilan data

No.	Tempat	No.	Tempat
1	Gedung FTI Lt.1 Timur	16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat
3	Gedung FTI Lt.1	18	Hall FTI

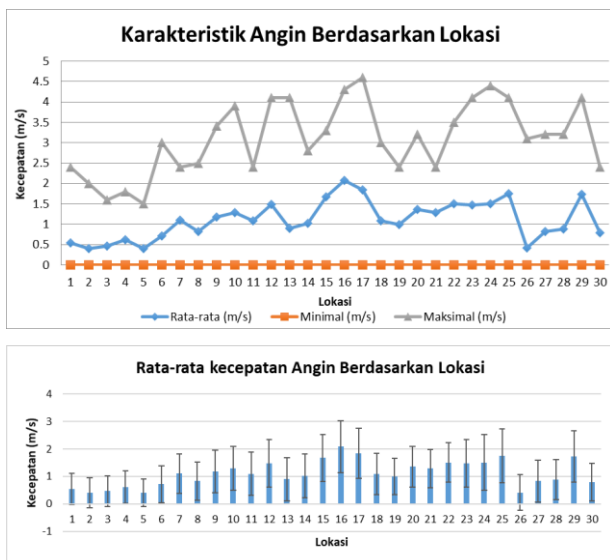
No.	Tempat	No.	Tempat
	Barat		
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	19	Perempatan Parkiran Dosen bagian barat
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	20	Jalan masuk parkiran FIAI bagian barat
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	21	Jalan masuk parkiran FIAI bagian Timur
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	22	Lapangan FIAI
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	23	Atap gedung FIAI bagian Barat
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	24	Atap gedung FIAI bagian Selatan
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	25	Atap gedung FIAI bagian Timur
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	26	Depan BookStore
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	27	Jalan Boulevard
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	28	Jalan Boulevard depan ATM
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	29	Lapangan Bola UII
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Gambar 3 memperlihatkan kecepatan rata-rata angin berdasarkan lokasi. Nilai rata-rata angin tertinggi berada pada lokasi 16 yaitu atap gedung FTI lantai 4 sisi utara yang bernilai 2,080 m/s. Nilai kecepatan angin maksimal hasil pengukuran terukur di lokasi 17 yaitu 4,6 m/s. Sedangkan nilai rata-rata terendah kecepatan angin berada pada gedung FTI lantai 2 sisi Utara dengan kecepatan rata-rata 0,404 m/s.

Pada Gambar 3 juga terlihat bahwa lokasi yang memiliki nilai kecepatan rata-rata angin tertinggi tidak sama dengan lokasi yang mempunyai nilai kecepatan tertinggi hasil pengukuran. Hal ini mengindikasikan variasi kecepatan di suatu lokasi sangat lebar. Variasi ini terjadi karena banyak vaktor diantaranya *sampling* pengambilan data yang sedikit yaitu tiga kali dalam sehari, posisi anemometer yang

tidak menghadap pada satu arah, dan kondisi suhu sekitar.



**Gambar 3:** Hasil pengukuran kecepatan angin berdasarkan lokasi

Apabila data pengukuran di setiap lokasi di rata-rata dan disajikan dalam variabel hari/tanggal, maka diperoleh grafik sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 4. Tidak berbeda dengan variabel lokasi, kecepatan rata-rata angin berdasarkan hari/tanggal memiliki nilai yang bervariasi pula.

Dengan menggunakan variabel hari/tanggal, nilai rata-rata kecepatan angin tertinggi berada pada tanggal 30 Oktober 2019 yaitu 1,5111 m/s dan nilai terendah rata-rata kecepatan angin berada pada tanggal 17 Desember 2019 dengan nilai 0,369 m/s. Saat pengambilan data kecepatan angin pada bulan Oktober cuaca cerah dan tidak ada hujan, dimana rentang kecepatan rata-rata angin setiap harinya di bulan Oktober hampir sama atau stabil yaitu antara 1,32 m/s – 1,5111 m/s. Sedangkan pada bulan Desember rentang kecepatan rata-rata angin setiap harinya sangat bervariasi antara 0,369 m/s – 1,312 m/s. Hal ini salah satunya dikarenakan cuaca pada bulan Desember sering hujan yang menyebabkan suhu, kelembaban udara cepat berubah dengan cepat.

Apabila ditinjau dari waktu pengambilan data (pagi/siang/sore) maka rata-rata kecepatan angin terendah ditemui saat pagi hari yaitu 0,619587 m/s, sedangkan rata-rata kecepatan

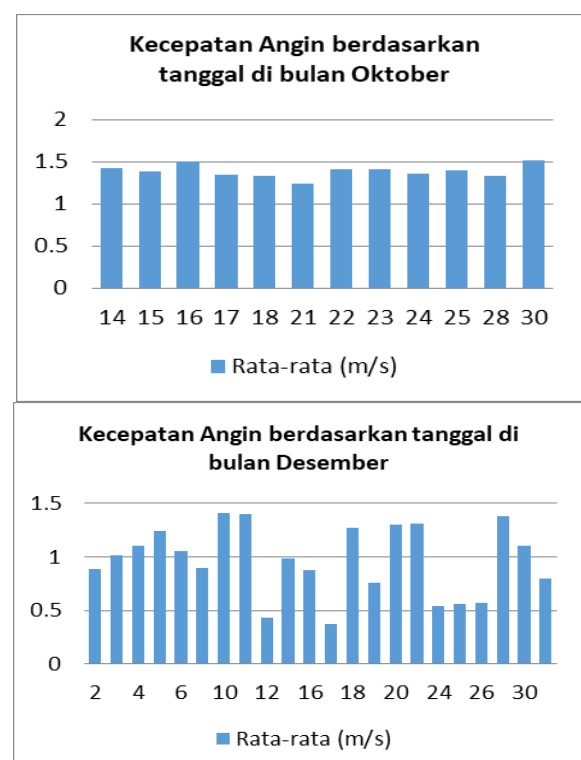
tertinggi adalah saat siang hari yaitu 1,506877 m/s. Hal ini kemungkinan dikarenakan pada siang hari terjadinya angin lembah, dimana daerah pada pegunungan lebih dahulu mendapatkan panas dari sinar matahari yang menyebabkan tekanan udara menjadi rendah dibandingkan pada daerah pegunungan.

Secara keseluruhan baik lokasi maupun waktu maka rata-rata kecepatan angin ada di nilai 1,118966631 m/s. Selanjutnya angka ini yang akan digunakan dalam perhitungan potensi energi listrik.

Dalam melakukan perhitungan uji potensi angin dilakukan beberapa asumsi sebagai berikut:

- (1) Jenis Turbin : *savonius rotor* ( $C_p : 0,14$ ) dan *three-blade rotor* ( $C_p : 0,48$ )
- (2) Jari-jari : 1 m dan 1,5 m
- (3) Efisiensi *gearbox* : 50% dan 95%
- (4) Efisiensi generator : 50% dan 80%

Dengan menggunakan persamaan (3) untuk jenis turbin angin *savonius rotor*, jari-jari turbin 1 m dan efisiensi generator dan efisiensi *gearbox* 50% didapatkan daya keluaran pada turbin angin adalah:



**Gambar 4:** Hasil pengukuran kecepatan angin berdasarkan hari/tanggal

$$P_{gen} = 0,14 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot (\pi \cdot 1^2) \cdot 1,18966631^3 \cdot 0,5 \cdot 0,5$$

$$P_{gen} = 0,1133389734 \text{ watt}$$

Dengan menggunakan proses yang sama pada jenis turbin angin dan ukuran jari-jari yang berbeda diperoleh hasil sebagaimana disajikan dalam Tabel 4 berikut ini.

**Tabel 4:** Daya keluaran turbin angin dengan asumsi efisiensi gearbox dan generator 50%

Daya Turbin (Watt)			
Savonius rotor		Three-blade rotor	
r = 1 m	r = 1,5 m	r = 1 m	r = 1,5 m
0,1133	0,2550	0,3885	0,8743

Apabila efisiensi gearbox dinaikkan menjadi 95% dan efisiensi generator dinaikkan menjadi 80%, maka daya yang diperoleh untuk masing-masing jenis turbin angin dengan ukuran jari-jari diperoleh hasil pada Tabel 5.

**Tabel 5:** Daya keluaran turbin angin dengan efisiensi gearbox 95% dan efisiensi generator 80%

Daya Turbin (Watt)			
Savonius rotor		Three-blade rotor	
r = 1 m	r = 2,5 m	r = 1 m	r = 2,5 m
0,3445	0,7752	1,1813	2,6579

Sehingga dengan menggunakan jenis turbin *savonius rotor*, daya yang dapat membangkitkan berkisar antara 0,1133 Watt - 0,7752 Watt, sedangkan dengan jenis turbin *three-blade rotor* daya yang dapat membangkitkan antara 0,3885 Watt – 2,6579 Watt.

Dengan perhitungan selama setahun (365 hari atau 12 bulan), maka daya maksimal yang dapat membangkitkan adalah 23,28 kWh. Jika terpasang 10 turbin angin pada lingkungan kampus UII, maka total energi yang dihasilkan pertahunnya adalah  $23,28 \text{ kWh} \times 10 = 232,83 \text{ kWh}$ . Dengan nilai per-kWh listrik adalah Rp.1.644, maka terdapat potensi penghematan sebesar Rp. 382.905,71.

Investasi yang diperlukan untuk mengimplementasi turbin angin *three-blade*

*rotor* adalah Rp.64.389.000. Dengan potensi penghematan yang ada, maka waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai penghematan yang setara dengan investasi adalah  $\text{Rp.64.389.000} / \text{Rp. 382.905,71} = 168$  tahun. Sehingga dengan menggunakan data kecepatan angin di 30 titik sekitar kampus terpadu UII yang diperoleh pada bulan Oktober dan Desember ini, maka investasi pembangkit listrik tenaga angin di kampus terpadu UII dinilai tidak menguntungkan.

## 5. Kesimpulan

1. Kecepatan rata-rata angin di lingkungan kampus terpadu UII yang dilakukan pengukuran pada bulan Oktober dan Desember secara langsung adalah 1,1811 m/s dengan kecepatan angin maksimal adalah 4,6 m/s pada lokasi 17 yaitu atap gedung FTI Lt.4 bag. Barat.
2. Data hasil pengukuran kecepatan memiliki keragaman yang bervariasi dari nilai rata-rata kecepatan angin pada setiap lokasinya.
3. Keluaran daya yang dihasilkan oleh turbin angin dari rata-rata kecepatan angin pada bulan Oktober dan Desember antara 0,1133 watt - 0,7752 watt untuk asumsi jenis turbin savonius rotor, sedangkan daya yang dibangkitkan oleh jenis turbin *three-blade rotor* yaitu antara 0,3885 watt – 2,6579 watt.
4. Dengan keluaran daya yang dihasilkan oleh turbin angin didapatkan energi listrik tahunan 23,2837kWh/tahun dan jika pemasangan turbin sebanyak 10 turbin maka total energi yang dihasilkan adalah 232,8373 kWh atau jika diakumulasikan menjadi rupiah adalah Rp 382.905,71
5. Dari data kecepatan angin yang diperoleh selama setahun jenis turbin yang diasumsikan dapat menghasilkan energi listrik, namun kapasitas energi listrik yang dihasilkan kecil yaitu 232,8373 kWh/tahun dengan waktu yang dibutuhkan untuk balik modal selama 168 tahun. Sehingga potensi angin yang ada di lingkungan kampus UII kurang baik untuk didayagunakan

## Daftar Pustaka

- [1] Sanurya Putri Purbaningrum, “Audit Energi Dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Pada Rumah

- Tangga,” *Media Mesin*, vol. 15, No.1, no. ISSN 1411-4348, pp. 26–33, 2014.
- [2] J. Jensen, “Wind Energy,” 2017. [Online]. Available: <https://www.luther.edu/sustainability/energy-climate/renewable/wind-energy/>. [Accessed: 25-Jan-2020].
- [3] B. Dursun, “Determination of the Optimum Hybrid Renewable Power Generating Systems for Kavakli Campus of Kırklareli University, Turkey,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 8, pp. 6183–6190, Oct. 2012.
- [4] K. Potensi, A. Sebagai, A. Dan, T. Pembangkit, L. Di, and U. Pamulang, “Kajian Potensi Angin Sebagai Energi Alternatif dan Terbarukan Pembangkit Listrik di Universitas Pamulang,” *J. Tek. Mesin Cakram*, vol. 2, no. 1, pp. 17–21, 2018.
- [5] S. Alimuddin, P. Daud, A. Sam, and D. Patabang, “Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik,” *J. SMARTek*, vol. 3, no. 1, pp. 21–26, 2005.
- [6] S. Ms, M. Ibrochim, and L. Belakang, “Analisa Potensi Energi Angin dan Estimasi Energi Output Turbin Angin di Lebak Banten,” *Anal. Potensi Energi Angin*, vol. 9, no. Energi Angin, pp. 1–9, 2002.
- [7] D. P. Sari and W. B. Kusumaningrum, “A Technical Review of Building Integrated Wind Turbine System and a Sample Simulation Model in Central Java, Indonesia,” *Energy Procedia*, vol. 47, pp. 29–36, 2014.
- [8] P. T. Lentera, A. Nusantara, L. A. N. Ciheras, A. Bachtiar, and W. Hayattul, “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin,” *Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 35–45, 2018.
- [9] S. Martosaputro and N. Murti, “Blowing the Wind Energy in Indonesia,” *Energy Procedia*, vol. 47, pp. 273–282, 2014.
- [10] A. T. Ismail, “Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Dengan Kapasitas 3 MW,” *Presisi*, vol. 6, no. 3, p. 113, 2017.
- [11] F. Aryanto, M. Mara, and M. Nuarsa, “Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 50–59, 2013.