

**UJI POTENSI KECEPATAN ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI  
ALTERNATIF DI KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Lana Bimantara**

**16524103**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta**

**2020**

# LEMBAR PENGESAHAN

## UJI POTENSI KECEPATAN ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

**TUGAS AKHIR**

**ISLAM**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**

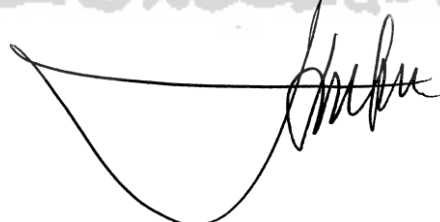
**Disusun oleh:**

**Lana Bimantara  
16524103**

**Yogyakarta, 06 – Mei – 2020**

**Menyetujui,**

**Pembimbing**



**Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.  
025200526**

# LEMBAR PENGESAHAN

## SKRIPSI

### UJI POTENSI KECEPATAN ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Lana Bimantara**

**16524103**

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 06 Mei 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

Anggota Penguji 1: Husein Mubarak, S.T, M.Eng.

Anggota Penguji 2: Setyawan Wahyu Pratomo, S.T, M.T

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 4 Juni 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amrulloh, S. T., M. Eng., Ph. D.

**045240101**

# PERNYATAAN

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 06 Mei 2020

METERAI  
TEMPEL  
PH 47A HE 459 / 16311  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH  
Lana Bimantara

لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ مُحَمَّدٌ رَسُوْلُهُ

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillah* rabbil'alam, segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, tidak lupa juga shalawat serta salam kita panjatkan pada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menjadi pribadi yang lebih baik. Berkat pemberian rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "UJI POTENSI KECEPATAN ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa selama proses penelitian hingga laporan tugas akhir ini mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu ucapan terimakasih serta doa penulis disampaikan kepada:

1. Orang tua tercinta yang selalu memberi doa, semangat, nasihat, dan dukungan selama proses penelitian dan laporan tugas akhir.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrullah S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan serta ilmu selama proses penelitian dan laporan tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro UII atas segala ilmu yang diajarkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan tugas akhir.
5. Kakak dan adik saudara penulis tersayang, Andy Murti Kurniawan, Lita Andriyani, Lingga Wahyu Saputra dan Mustofa Chemal Basya yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam penelitian dan laporan tugas akhir.
6. Anak kontrakan, Dave, Madrid, Firman, Bogel, Joy, Dikky, Maul dan Genta yang selalu memberikan semangat dan bimbingan kepada penulis dalam penelitian dan laporan tugas akhir.
7. Saudara Pohon Mangga yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan laporan tugas akhir.
8. Saudara-saudara Teknik Elektro angkatan 2016 yang telah banyak membantu dan memberikan kontribusi dalam penelitian dan laporan tugas akhir.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penyusunan ini. Sehingga penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, para pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

*Wassalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Penulis,



(Lana Bimantara)

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

UII	Universitas Islam Indonesia
FTI	Fakultas Teknologi Industri
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
$P_w$	Daya Angin
kWh	Kilo Watt Hours
m/s	Meter/Second
$C_p$	Koefisien Daya
$\rho_a$	Kerapatan Angin
$v$	Kecepatan Angin
$A$	Luas Penampang
$P_A$	Daya Turbin Angin
$\eta_{gen}$	Efisiensi Generator
$\eta_{gearbox}$	Efisiensi Gearbox
m	Meter
Rp	Rupiah
r	Jari-jari
$E_{gen}$	Energi yang dihasilkan generator

## ABSTRAK

Kampus atau perguruan tinggi merupakan konsumen pengguna listrik dengan daya yang cukup besar, dimana penggunaan listrik masih bergantung pada Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai sistem pembangkitannya. Seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil yang semakin menipis, maka perlu mencari sumber energi alternatif guna mengontrol dan menyuplai kebutuhan listrik setiap harinya. Pada penelitian ini dilakukan uji potensi kecepatan angin pada lingkungan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) guna mengetahui karakteristik angin dan potensi angin yang ada di lingkungan kampus UII sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Pengambilan data kecepatan angin dilakukan di bulan Oktober dan Desember pada 30 titik lokasi yang ada di lingkungan kampus UII. Pengambilan data kecepatan angin juga dilakukan dalam 3 *shift*, yaitu pagi hari pada pukul 09.00 WIB, siang hari pukul 13.00 WIB dan sore hari pukul 15.30 WIB. Pengambilan data kecepatan angin yang dilakukan pada bulan Oktober dan Desember didapatkan kecepatan rata-rata angin berdasarkan lokasi yaitu 2,080 m/s yang terletak pada atap gedung FTI lantai 4 sisi utara dan Kecepatan rata-rata angin terendah bernilai 1,5 m/s yang terletak pada gedung FTI lantai 2 sisi utara dengan kecepatan angin maksimal yang didapatkan adalah 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 terendah rata-rata kecepatan angin berada pada tanggal 17 Desember 2019 dengan kecepatan rata-rata angin adalah 0,369 m/s. Kecepatan rata-rata angin tertinggi berdasarkan waktu pengambilan data yaitu pada siang hari dengan nilai kecepatan rata-rata angin 1,506877 m/s. Metode yang digunakan dalam uji potensi kecepatan angin di lingkungan kampus UII dengan cara analisis perhitungan yang mengasumsikan luas penampang turbin (1 m dan 1,5 m), efisiensi generator (50% dan 80%), efisiensi *gearbox* (50% dan 95%) dan jenis turbin yang digunakan adalah jenis turbin *savonius rotor* dan jenis turbin *three-blade rotor*. Hasil perhitungan daya yang dihasilkan untuk jenis turbin *savonius rotor* berkisar antara 0,492 – 3,366 Watt dan pada jenis turbin *three-blade rotor* daya yang dibangkitkan adalah 1,68 – 11,543 Watt, dengan daya yang dihasilkan maka energi tahunan untuk pengaplikasian 10 jenis turbin yaitu sebesar 1011,11668 kWh atau sebesar Rp. 1.662.801,603 pertahun. Sehingga potensi angin yang ada di lingkungan kampus UII kurang baik untuk didayagunakan sebagai energi alternatif terbarukan. Total produksi daya berdasarkan metode perhitungan dan simulasi HOMER memiliki selisih yang sangat jauh. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan referensi data yang digunakan, baik dari sisi kecepatan angin maupun spesifikasi jenis turbin yang digunakan

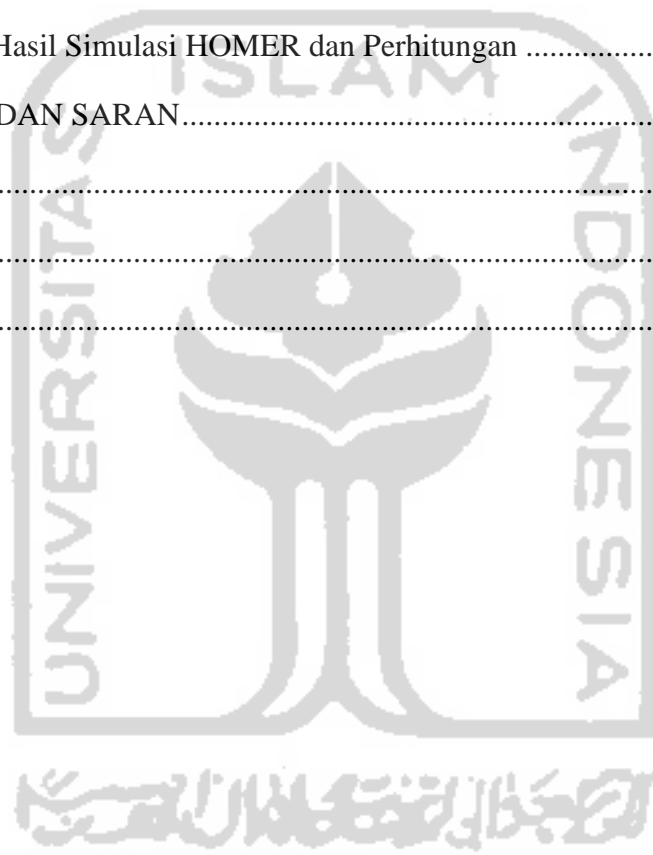
Kata Kunci : Energi Angin, Energi Terbarukan, Turbin Angin, Potensi Angin



# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Studi Literatur .....	3
2.2 Tinjauan Teori.....	4
2.2.1 Angin .....	4
2.2.2 Syarat Kecepatan Angin Berdasarkan Kondisi Alam.....	6
2.2.3 Potens Angin di Indonesia .....	6
2.2.4 Potensi Energi Angin .....	7
BAB 3 METODOLOGI.....	10
3.1 Alur Penelitian .....	10
3.2 Pengambilan Data .....	11
3.2.1 Alat yang Digunakan .....	11

3.2.2 Metode Pengambilan Data.....	12
3.3 Cara Analisa.....	12
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>14</b>
4.1 Karakteristik Angin.....	14
4.1.1 Karakteristik Angin Berdasarkan Lokasi.....	14
4.1.2 Karakteristik Angin Berdasarkan Tanggal .....	16
4.1.3 Karakteristik Angin Berdasarkan Waktu Pengambilan Data .....	17
4.2 Perhitungan Uji Potensi Angin .....	17
4.3 Perbandingan Hasil Simulasi HOMER dan Perhitungan .....	20
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>21</b>
5.1 Kesimpulan .....	21
5.2 Saran .....	22
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>23</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 proses terjadinya angin darat dan angin laut [8].....	4
Gambar 2.2 proses terjadinya angin gunung dan angin lembah [8].....	5
Gambar 2.3 proses terjadinya angin asiklon dan antisiklon [8] .....	5
Gambar 2.4 Proses terjadinya angin fohn [8].....	5
Gambar 2.5 Nilai koefisien daya dari berbagai macam turbin [10] .....	8
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	10
Gambar 3.2 Anemometer .....	11
Gambar 3.3 Pengambilan Data.....	12
Gambar 4.1 Karakteristik kecepatan angin berdasarkan lokasi .....	15
Gambar 4.2 Rata-rata kecepatan angin berdasarkan lokasi.....	15
Gambar 4.3 Karakteristik angin berdasarkan tanggal di bulan Oktober dan Desember .....	16



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat Kecepatan Angin Berdasarkan Kondisi Alam .....	6
Tabel 2.2 Hasil studi kecepatan angin di Indonesia .....	7
Tabel 4.1 Karakteristik nilai kecepatan angin berdasarkan lokasi .....	14
Tabel 4.2 Kecepatan rata-rata angin berdasarkan <i>shift</i> .....	17
Tabel 4.3 Rata-rata kecepatan angin selama 12 bulan .....	17
Tabel 4.4 Daya keluaran turbin angin dengan efisiensi <i>gearbox</i> 50% dan efisiensi generator 50% .....	18
Tabel 4.5 Daya keluaran turbin angin dengan efisiensi <i>gearbox</i> 95% dan efisiensi generator 80% .....	18
Tabel 4.6 <i>Range</i> daya yang dibangkit dari jenis turbin.....	19
Tabel 4.7 Produksi Daya dari Simulasi HOMMER.....	20



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

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].

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.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik kecepatan angin di lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia?
2. Seberapa besar potensi angin sebagai energi alternatif di lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Pengambilan data kecepatan angin dilakukan pada bulan Oktober dan Desember
2. Penambahan data selama 10 bulan yang diambil dari data BMKG
3. Pengambilan data kecepatan angin tidak terpaku satu arah.
4. Pengambilan data kecepatan angin dilakukan 3 *shift*, yaitu pagi, siang dan sore.
5. Lokasi titik pengambilan data ada di 30 titik lokasi di lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia.

## 1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik dan potensi angin yang ada di lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia.
2. Untuk mengetahui kelayakan dalam pengaplikasian pembangkit listrik energi terbarukan di kampus Universitas Islam Indonesia

## 1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan acuan bagi Universitas Islam Indonesia dalam mengaplikasikan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) berskala rendah pada perumahan.
2. Memberikan peluang dan gambaran kepada peneliti-peneliti dalam mengembangkan dan mengkaji lebih dalam.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Pada dasarnya uji potensi angin ini sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya. Pada tahun 2018, Ihat Solihat, Fifit Astuti dan Agustina [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 *vleg* 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 pemutaran *prototype* menggunakan kipas angin.

Penelitian dengan judul " Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik" yang dilakukan oleh Alimuddin Sam dan Daud Patabang membahas mengenai potensi energi angin di kota Palu untuk membangkitkan energi listrik. Pada penelitian ini kecepatan angin 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 7m maka didapatkan daya energi listrik 150 watt sampai 4500 watt.[5]

Pada tahun 2009, Soeripno MS dan Ibrochim [6] melakukan analisa potensi angin pada daerah Lebak Banten dengan menggunakan metode simulasi dan data masukannya berupa *vector*. Pada penelitian ini data pengukuran kecepatan angin dilakukan selama setahun pada bulan maret 2006 sampai 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.

Dani Perwita Sari dan Wida Banar Kusumaningrum melakukan penelitian yang berjudul "A Technical Review of Building Integrated Wind Turbine System and a Sample Simulation Model in Central Java, Indonesia" penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi energi angin pada

bangunan berdasarkan lokasi di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan provinsi di Jawa Tengah, Yogyakarta dan Semarang yang jauh menawarkan potensi angin lebih tinggi daripada lokasi lain yang ada di daerah Jawa Tengah. Kerana Yogyakarta dan Semarang memiliki potensi untuk bangunan bertingkat tinggi yang terintegrasi dengan turbin angin. [7]

Atas dasar penelitian-penelitian tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis potensi kecepatan angin di kampus terpadu UII dengan melakukan pengukuran data kecepatan angin secara langsung dan penambahan data kecepatan angin dari BMKG selama 10 bulan pada wilayah Sleman. Hasil daya keluaran yang dihasilkan turbin diperoleh melalui metode perhitungan dan simulasi HOMER. Dalam melakukan analisis perhitungan daya keluaran turbin dilakukan beberapa asumsi jenis turbin, efisiensi generator dan efisiensi *gearbox*. Diharapkan nantinya akan diketahui *range* daya keluaran pada turbin angin untuk diaplikasikan psebagai sistem energy terbarukan di kampus terpadu UII.

## 2.2 Tinjauan Teori

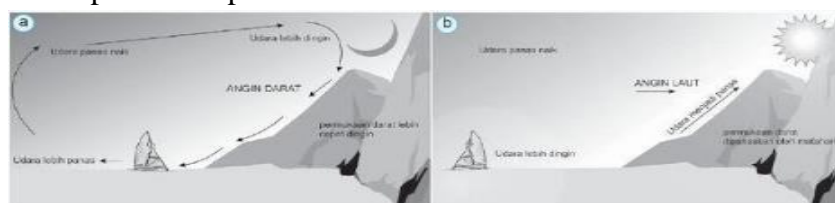
### 2.2.1 Angin

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. Gerak sistem angin harian terjadi karena perubahan panas siang dan malam yang menyebabkan angin berhembus dari daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah.

Angin atau udara yang bergerak pada dasarnya ada berbagai macam. Berikut macam-macam jenis angin [8]:

#### 1. Angin Darat dan Angin Laut

Angin darat terjadi pada malam hari dan bergerak dari daratan ke lautan, sedangkan angin laut terjadi pada siang hari yang datangnya dari laut menuju ke wilayah darat. Angin darat dan angin laut terjadinya karena perbedaan suhu, dimana suhu pada daratan pada malam hari lebih rendah dan tekanan udara menjadi tinggi. Ilustrasi angin darat dan angin laut dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:

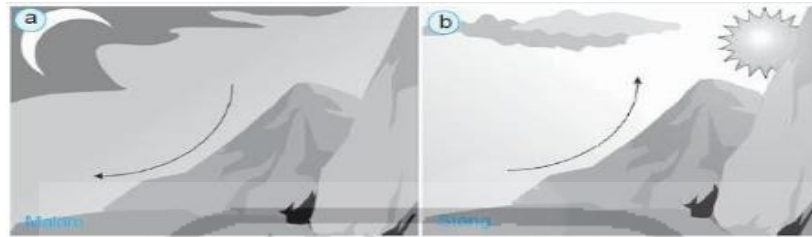


Gambar 2.1 proses terjadinya angin darat dan angin laut [8]



## 2. Angin Gunung dan Angin Lembah

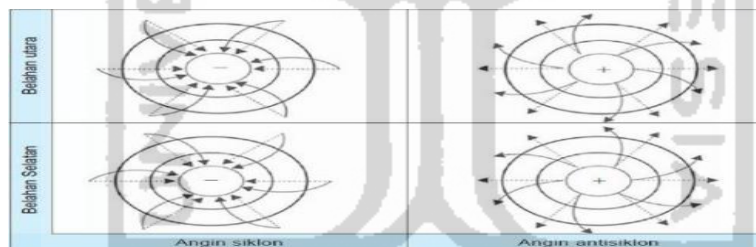
Pada malam hari suhu pada daerah pegunungan lebih cepat dingin dibandingkan pada daerah lembah yang menyebabkan terjadinya angin gunung dan pada siang hari pegunungan lebih dulu mendapatkan panas dari sinar matahari yang mengakibatkan suhu pada pegunungan lebih tinggi dan tekanan udara sangat rendah. Proses terjadinya angin gunung dan angin lembah dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 proses terjadinya angin gunung dan angin lembah [8]

## 3. Angin Siklon dan Angin Antisiklon

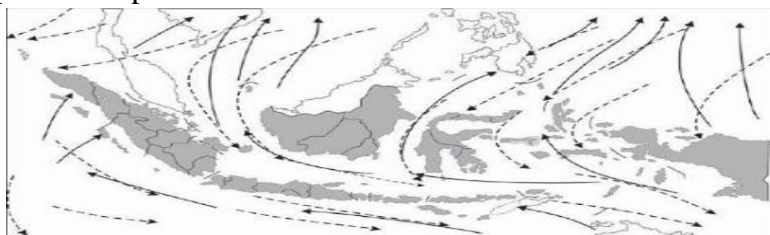
Angin siklon terjadi dari beberapa daerah yang bertekanan udara tinggi menuju titik pusat daerah yang bertekanan udara rendah. Angin asiklon bergerak dari daerah titik pusat yang memiliki tekanan udara tinggi menuju daerah dengan tekanan udara rendah yang mengelilinginya. Ilustrasi terjadinya angin siklon dan asiklon dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 proses terjadinya angin asiklon dan antisiklon [8]

## 4. Angin Fohn

Angin fohn atau angin jatuh merupakan angin yang bersifat kering dan panas bergerak menuruni lerereng pegunungan. Angin fohn ini terjadi pada daerah yang memiliki temperatur suhu yang lebih tinggi dari daerah yang didatangi. Proses terjadinya angin fohn dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Proses terjadinya angin fohn [8]

## 5. Angin Muson Barat dan Angin Muson Timur

Angin muson adalah jenis angin yang setiap setengah tahunnya berganti arah berlawanan. Angin muson barat terjadi pada bulan Oktober-April dikarenakan kedudukan matahari terdapat di belahan bumi bagian selatan sedangkan angin muson timur terjadi pada bulan April-Oktober.

### 2.2.2 Syarat Kecepatan Angin Berdasarkan Kondisi Alam

Berdasarkan [8] tingkat kecepatan angin berdasarkan kondisi alam dapat dikelompokkan dalam beberapa kelas sebagaimana disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 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
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, hembusan angin 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

### 2.2.3 Potens Angin di Indonesia

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 table 2.2 :

Tabel 2.2 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

Pada Tabel 2.2 rata-rata kecepatan angin dari beberapa daerah di Indonesia adalah 3-7 m/s, sehingga dapat memutar kincir angin dalam skala besar maupun skala kecil untuk membangkitkan energi listrik.

#### 2.2.4 Potensi Energi Angin

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

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v^3 \quad (2.1)$$

Dimana:

$P_w$  : 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:

$$P_A = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v^3 \quad (2.2)$$

Dimana:

$P_A$  : Daya turbin angin (W)

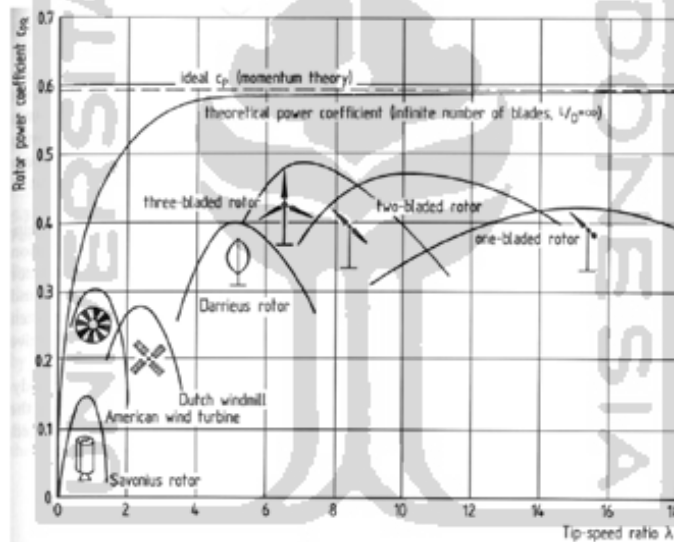
$\rho a$  : Kerapatan angin pada waktu tertentu (kg/s) (ketetapan  $\rho a = 1,225$  kg/s)

$v$  : Kecepatan angin pada waktu tertentu (m/s)

$A$  : Luas daerah sapuan angin (m<sup>2</sup>) bisa ditulis ( $A = \pi r^2$ )

$C_p$  : Koefisien daya

Perancangan Turbin angin memiliki koefisien daya ( $C_p$ ) yang memiliki nilai dibawah kostanta *betz law*, dikarenakan 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 dan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Nilai koefisien daya dari berbagai macam turbin [10]

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

$$P_{gen} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta_{gearbox} \cdot \eta_{gen} \quad (2.3)$$

Dengan:

$P_{gen}$  : Daya generator (Watt)

$\eta_{gearbox}$  : Efisiensi gearbox / transmisi mekanik

$\eta_{gen}$  : Efisiensi generator

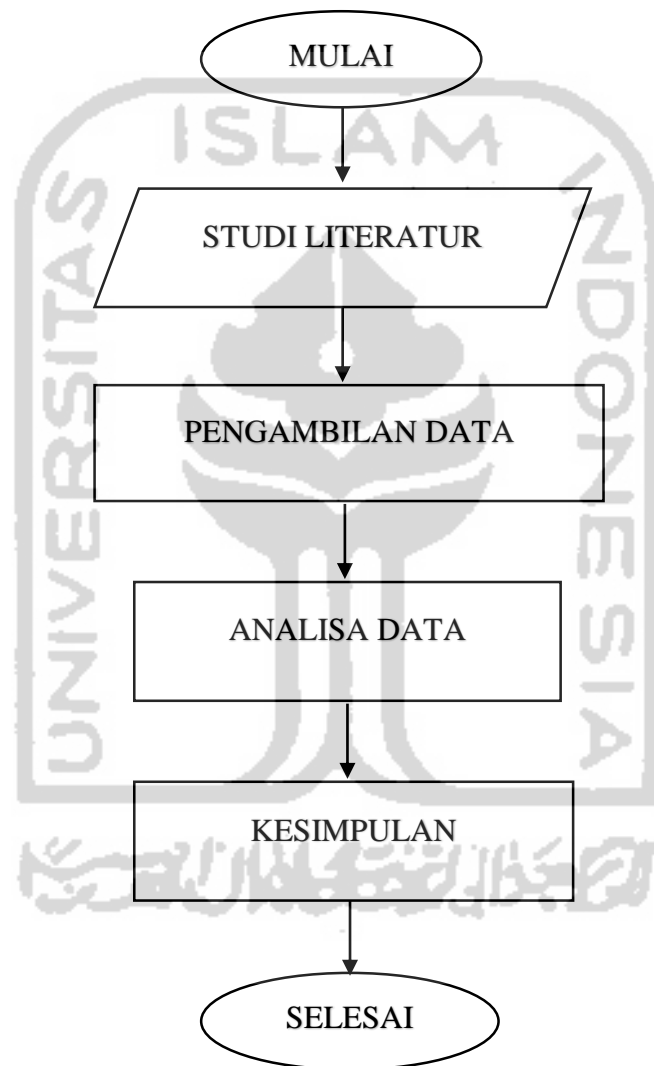


## BAB 3

### METODOLOGI

#### 3.1 Alur Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan dijelaskan pada diagram alir dalam Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

- Studi Literatur : Mempelajari penelitian mengenai uji potensi angin dengan metode yang dapat diterapkan, kemudian melakukan penelitian yang sama dengan metode tersebut.
- Pengambilan Data : Pengambilan data kecepatan angin dilakukan secara langsung dengan mengukur kecepatan angin yang ada lingkungan kampus terpadu UII

- Analisa Data : Menganalisis karakteristik angin yang ada lingkungan kampus terpadu UII dari data yang telah didapatkan dan melakukan perhitungan uji potensi angin dengan mengasumsikan jenis turbin angin, luas penampang turbin, efisiensi *gearbox* dan efisiensi generator dan melakukan perbandingan antara simulasi HOMER dan perhitungan.
- Kesimpulan : Membuat hasil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

## 3.2 Pengambilan Data

### 3.2.1 Alat yang Digunakan

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah anemometer. Anemometer merupakan alat pengukur kecepatan laju aliran angin. Nama anemometer diambil dari kata Yunani *anemos* yang berarti angin. Selain sebagai pengukur kecepatan angin, anemometer juga dapat mengukur tekanan gas, arah mata angin dan juga dapat digunakan sebagai pengamatan cuaca. Dalam penelitian ini anemometer hanya berfungsi sebagai alat pengukur laju aliran angin yang ada di kampus terpadu Universitas Islam Indonesia. Berikut jenis dan spesifikasi anemometer yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 3.2:



Gambar 3.2 Anemometer

- Kecepatan angin : 0,7 m/s – 30 m/s
- *Air temperature* : 10°C – 45°C
- Sensor : *Air velocity sensor (Plastic Impeller)* dan *Temperature Sensor (NTC Thermometer)*

### 3.2.2 Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini 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 Boelvard dan Lapangan Sepakbola UII. Waktu pengambilan data dilakukan dengan 3 *shift* dalam sehari yaitu pagi hari pukul 09.00 WIB, siang hari pukul 13.00 WIB dan sore hari pukul 15.30 WIB. 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 dilakakukan pengukuran kecepatan angin yaitu saat kondisi hujan diatap gedung Fakultas Teknologi Industri (FTI).

Berikut pengambilan data kecepatan angin disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pengambilan Data

### 3.3 Cara Analisa

1. Menghitung nilai rata-rata kecepatan angin berdasarkan tanggal, lokasi, *shift* dari data yang telah di dapatkan pada bulan Oktober dan Desember menggunakan *Microsoft Excel*.
2. Menganalisa karakteristik kecepatan rata-rata angin dari grafik hasil perhitungan nilai rata-rata kecepatan angin.



3. Membuat asumsi jenis turbin angin, luas penampang turbin, efisiensi *gearbox* dan efisiensi generator. Berikut asumsi yang akan digunakan:
  - Jenis Turbin : *savonius rotor* ( $C_p : 0,14$ ) dan *three-blade rotor* ( $C_p : 0,48$ )
  - Jari-jari : 1 m dan 1,5 m
  - Efisiensi *gearbox* : 50% dan 95%
  - Efisiensi generator : 50% dan 80%
4. Melakukan perhitungan uji potensi kecepatan angin menggunakan persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3.
5. Membuat analisa uji potensi angin dari hasil perhitungan daya yang telah didapatkan.
6. Perbandingan antara hasil perhitungan dan simulasi HOMER



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

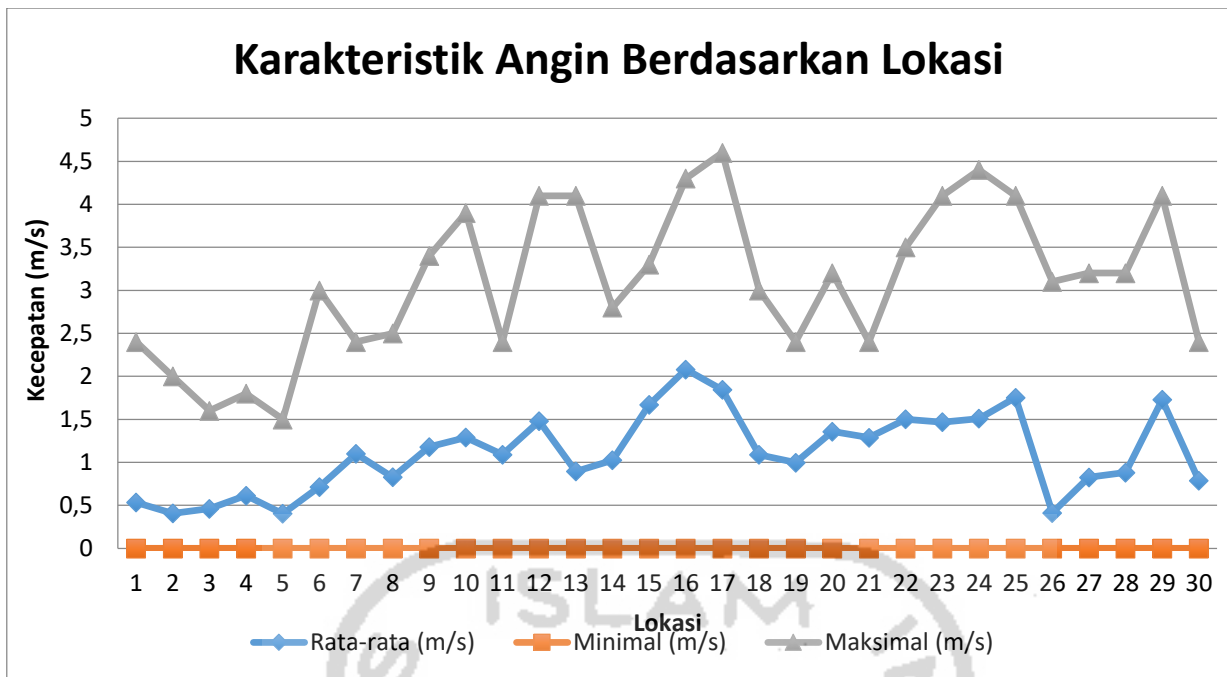
#### 4.1 Karakteristik Angin

##### 4.1.1 Karakteristik Angin Berdasarkan Lokasi

Analisa karakteristik studi uji potensi kecepatan angin dengan mencari nilai rata-rata dari tiap lokasinya disajikan sebagai berikut:

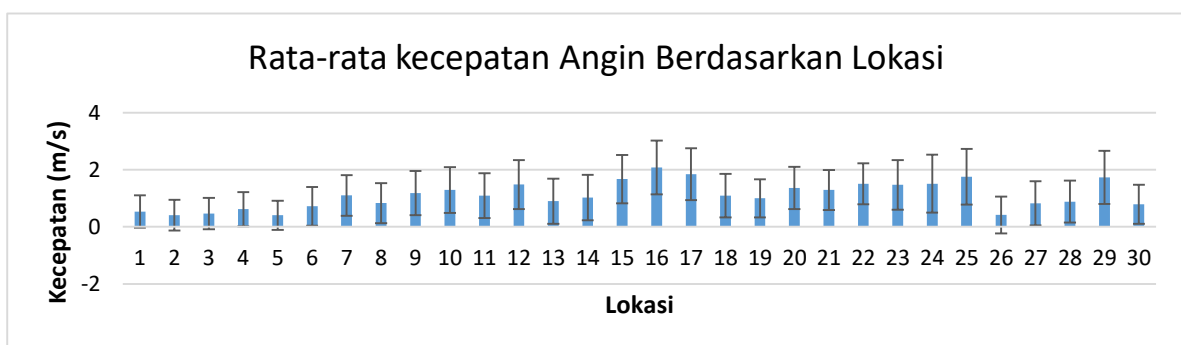
Tabel 4.1 Karakteristik nilai kecepatan angin berdasarkan lokasi

No.	Lokasi	Rata-rata (m/s)	Minimal (m/s)	Maksimal (m/s)
1	Gedung FTI Lt.1 Timur	0,534	0	2,4
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	0,407	0	2
3	Gedung FTI Lt.1 Barat	0,462	0	1,6
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	0,614	0	1,8
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	0,404	0	1,5
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	0,715	0	3
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	1,1	0	2,4
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	0,828	0	2,5
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	1,180	0	3,4
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	1,289	0	3,9
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	1,091	0	2,4
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	1,479	0	4,1
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	0,895	0	4,1
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	1,026	0	2,8
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	1,670	0	3,3
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara	2,080	0	4,3
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat	1,845	0	4,6
18	Hall FTI	1,088	0	3
19	Perempatan Parkiran Dosen bagian barat	0,997	0	2,4
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian barat	1,358	0	3,2
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur	1,287	0	2,4
22	Lapangan FIAI	1,502	0	3,5
23	Atap gedung FIAI bagian Barat	1,468	0	4,1
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan	1,509	0	4,4
25	Atap gedung FIAI bagian Timur	1,753	0	4,1
26	Depan BookStore	0,414	0	3,1
27	Jalan Boulevard	0,826	0	3,2
28	Jalan Boulevard depan ATM	0,883	0	3,2
29	Lapangan Bola UII	1,729	0	4,1
30	Lorong menuju gedung masuk FTI	0,787	0	2,4



Gambar 4.1 Karakteristik kecepatan angin berdasarkan lokasi

Terlihat pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 kecepatan rata-rata angin berdasarkan lokasi memiliki nilai kecepatan angin yang bervariasi, dari nilai kecepatan angin terendah ke nilai kecepatan angin tertinggi. Nilai rata-rata angin tertinggi berada pada lokasi 16 yaitu Atap gedung FTI lantai 4 sisi utara yang bernilai 2,080 m/s dengan nilai maksimal pengukuran di lokasi 17 adalah 4,6 m/s dan nilai terendah rata-rata kecepatan angin berada pada gedung FTI lantai 2 sisi Utara dengan kecepatan rata-rata 0,404 m/s dengan nilai maksimal hasil pengukuran pada lokasi 5 adalah 1,5 m/s. Pada Gambar 4.1 juga terlihat bahwa lokasi yang memiliki nilai kecepatan rata-rata angin tertinggi tidak sama dengan lokasi nilai maksimal hasil pengukuran. Dari penjelasan tersebut, maka nilai maksimal hasil pengukuran kecepatan angin tertinggi bergantung pada ketinggian gedung pada waktu pengambilan data, seperti pada Atap gedung FTI lantai 4 yang memiliki ketinggian ± 30 m dari tanah dan memiliki kecepatan rata-rata angin tertinggi pada waktu pengukuran. Hal lain yang mempengaruhi kecepatan aliran angin adalah banyak rintangan, seperti dinding bangunan dan pepohonan saat angin berhembus.

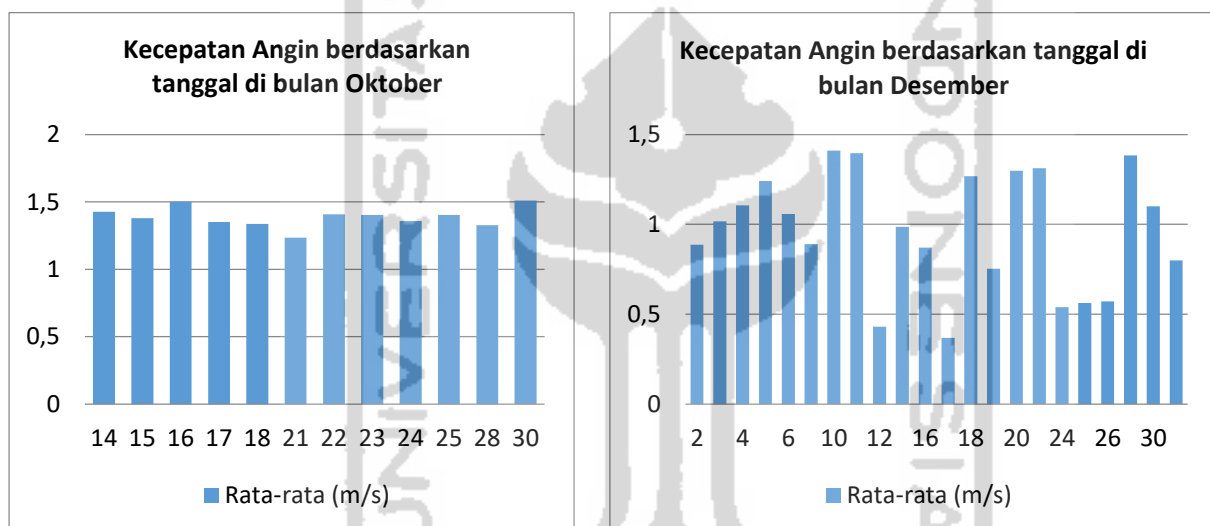


Gambar 4.2 Rata-rata kecepatan angin berdasarkan lokasi

Pada Gambar 4.2 nilai rata-rata kecepatan angin pada setiap lokasinya sangat berbeda. Hal ini dapat dilihat pada nilai simpangan baku atau standar deviasi yang menggambarkan perbedaan hasil pengukuran kecepatan angin pada setiap lokasinya terhadap nilai rata-rata kecepatan angin. Semakin besar nilai simpangan baku yang didapatkan maka data hasil pengukuran pada setiap lokasinya semakin bervariasi dari rata-ratanya. Maka dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai hasil pengukuran kecepatan angin pada setiap lokasinya di lingkungan kampus terpadu UII sangat bervariasi dan beragam.

#### 4.1.2 Karakteristik Angin Berdasarkan Tanggal

Karakterik kecepatan angin pada setiap harinya dimulai dari tanggal 14 Oktober – 30 Oktober dan 2 Desember – 31 Desember disajikan pada Gambar 4.2 dan Tabel Lampiran 3 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Karakteristik angin berdasarkan tanggal di bulan Oktober dan Desember

Terlihat pada Gambar 4.2 kecepatan rata-rata angin setiap harinya memiliki nilai kecepatan angin yang bervariasi, dari nilai kecepatan angin terendah ke nilai kecepatan angin tertinggi. 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 kecepatan rata-rata angin adalah 0,369 m/s. Dari penjelasan tersebut, hal yang mempengaruhi kecepatan rata-rata angin setiap harinya berbeda yaitu faktor cuaca saat pengambilan data kecepatan angin. Saat pengambilan data kecepatan angin pada bulan Oktober cuaca cerah dan tidak ada hujan, dimana *range* kecepatan rata-rata angin setiap harinya di bulan Oktober hampir sama atau stabil yaitu antara *range* 1,32 m/s – 1,5111 m/s. Sedangkan pada bulan Desember *range* kecepatan rata-rata angin setiap harinya sangat jauh yaitu antara *range* 0,369 m/s – 1,312 m/s. Hal ini dikarenakan

cuaca pada bulan Desember sering hujan yang menyebabkan aliran kecepatan angin setiap harinya pada bulan Desember berubah-ubah.

#### 4.1.3 Karakteristik Angin Berdasarkan Waktu Pengambilan Data

Karakteristik kecepatan angin setiap waktunya (*shift*) sangat bervariasi, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 yang telah disajikan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Kecepatan rata-rata angin berdasarkan *shift*

<i>Shift</i> 1 (m/s)	<i>Shift</i> 2 (m/s)	<i>Shift</i> 3 (m/s)
0,619587	1,506877	1,379436

Terlihat pada Tabel 4.2 kecepatan rata-rata angin setiap waktunya (*shift*) pada *shift* 1 (Pagi : 09.00 WIB) memiliki nilai rata-rata kecepatan angin yang terendah yaitu 0,619587 m/s dibandingkan pada *shift* 2 (Siang: 13.00 WIB) dengan kecepatan angin 1,506877 m/s dan *shift* 3 (Sore: 15.30 WIB) dengan kecepatan rata-rata angin 1,379436 m/s. Hal ini 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.

#### 4.2 Perhitungan Uji Potensi Angin

Berdasarkan data rata-rata kecepatan angin yang diukur pada bulan Oktober dan Desember, kemudian ditambah dengan data yang diambil dari BMKG pada tahun 2019 di wilayah sleman dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Rata-rata kecepatan angin selama 12 bulan

No.	Bulan	Rata-rata (m/s)
1	Januari	2.29
2	Febuari	2.1
3	Maret	2
4	April	2.03
5	Mei	2.06
6	Juni	2.13
7	Juli	2.12
8	Agustus	2.32
9	September	2.1
10	Oktober	0.96
11	November	2.03
12	Desember	1.16

Terlihat pada Tabel 4.3 bahwa kecepatan rata-rata angin selama 12 bulan adalah 1,941 m/s. Dengan nilai rata-rata kecepatan angin tersebut maka dapat dilakukan perhitungan potensi daya keluaran yang akan dibangkitkan oleh turbin dengan asumsi sebagai berikut:

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

maka dengan menggunakan persamaan (2.3) didapatkan daya keluaran pada turbin angin adalah sebagai berikut:

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

$$P_{gen} = 0,14 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot (\pi \cdot 1^2) \cdot 1,941^3 \cdot 0,5 \cdot 0,5$$

$$P_{gen} = 0,492 \text{ Watt}$$

Jadi, daya yang dikeluarkan oleh turbin angin dengan mengasumsikan jenis turbin angin *savonius rotor*, jari-jari turbin 1 m dan efisiensi generator dan efisiensi *gearbox* 50% adalah 0,492 Watt. Dengan menggunakan rumus yang sama maka didapatkan daya keluaran pada turbin angin sebagai berikut:

Tabel 4.4 Daya keluaran turbin angin dengan efisiensi *gearbox* 50% dan efisiensi generator 50%

Daya Turbin (Watt)			
<i>Savonius rotor</i>		<i>Three-blade rotor</i>	
r = 1 m	r = 1,5 m	r = 1 m	r = 1,5 m
0,492	1,107	1,68	3,8

Terlihat pada Tabel 4.4 hasil daya perhitungan yang dibangkitkan oleh turbin angin dengan mengasumsikan efisiensi *gearbox* 50% dan efisiensi generator 50% dan jenis turbin *savonius rotor* lebih kecil dibandingkan dengan mengasumsikan jenis turbin *three-blade rotor*, dimana dengan mengasumsikan jari-jari 1,5 m dengan jenis turbin *savonius* daya yang dapat dibangkitkan yaitu 1,107 watt, sedangkan pada jenis turbin *three-blade rotor* dengan jari-jari 1,5 m daya yang dapat dibangkitkan turbin adalah 3,8 watt.

Tabel 4.5 Daya keluaran turbin angin dengan efisiensi *gearbox* 95% dan efisiensi generator 80%

Daya Turbin (Watt)			
<i>Savonius rotor</i>		<i>Three-blade rotor</i>	
r = 1 m	r = 1,5 m	r = 1 m	r = 1,5 m
1,149	3,366	5,13	11,543

Pada Tabel 4.4 keluaran daya yang dihasilkan dengan mengasumsikan efisiensi *gearbox* 95% dan efisiensi generator 80% dengan daya terbesar adalah 11,543Watt dengan jenis turbin angin *three-blade rotor* dan daya terkecil yang dibangkitkan turbin adalah 1,149 Watt dengan asumsi jenis turbin angin *savonius rotor*.

Tabel 4.6 Range daya yang dibangkit dari jenis turbin

Jenis Turbin	Daya (Watt)
<i>Savonius rotor</i>	0,492 – 3,366
<i>Three-blade rotor</i>	1,68 – 11,543

Terlihat pada Tabel 4.5 jenis turbin *savonius rotor* dapat membangkitkan daya antara 0,492 Watt - 3,366 Watt, sedangkan daya yang dibangkitkan oleh jenis turbin *three-blade rotor* yaitu antara 1,68 Watt – 11,543 Watt. Dengan daya yang dihasilkan oleh turbin angin maka daya listrik generator yang dihasilkan selama setahun (365 hari atau 12 bulan) dapat dihitung menggunakan persamaan  $E_{gen} = 24.10^{-3}.n.P_{gen}$ , dimana  $n$  adalah jumlah hari dalam setahun dan  $P_{gen}$  adalah 11,543 Watt.

Sehingga energi yang dihasilkan oleh generator pertahunnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$E_{gen} = 24.10^{-3}.n.P_{gen}$$

$$E_{gen} = 24.10^{-3}.365.11,543$$

$$E_{gen} = 101,11668 \text{ kWh}$$

jadi energi tahunan yang dihasilkan oleh generator ( $E_{gen}$ ) adalah 101,11668 kWh. Jika pemasangan turbin angin pada lingkungan kampus UII di aplikasikan sebanyak 10 turbin, maka total energi yang dihasilkan pertahunnya adalah 101,11668 kWh x 10 = 1011,11668 kWh atau sebesar Rp. 1.662.801,603 dengan biaya listrik per-Kwh adalah Rp 1.644,52

Jika kampus terpadu UII diaplikasikan untuk jenis turbin angin *three-blade rotor*, maka biaya pengaplikasiannya yaitu sebesar Rp.64.389.000 (lampiran 4). Dengan biaya energi pertahunnya yang dihasilkan maka waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan balik modal adalah Rp.64.389.000 / Rp. 1.662.801,603 = 38 tahun. Dengan waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan balik modal maka kampus terpadu UII kurang baik untuk dikembangkan turbin angin sebagai energi alternatif di kampus terpadu UII.

### 4.3 Perbandingan Hasil Simulasi HOMER dan Perhitungan

Dengan daya yang telah didapatkan pada masing-masing metode, berikutnya dilakukan perbandingan daya keluaran turbin berdasarkan perhitungan dan simulasi HOMER. Berikut disajikan total produksi daya berdasarkan simulasi HOMER:

Tabel 4.7 Produksi Daya Pada Simulasi HOMER

Component	Production (kWh/yr)	Percent
AWS HC 1.5kW Wind Turbine	1.432	2,75
Grid Purchases	50.646	97,3
Total	52.078	100

Pada Tabel 4.7 di atas menunjukkan daya yang dibangkitkan pada simulasi HOMER, yaitu senilai 1432 kWh/tahun. Apabila dilakukan perbandingan dengan hasil perhitungan, maka daya produksi pada simulasi HOMER memiliki selisih daya yang lebih jauh tinggi dibandingkan daya pada hasil perhitungan. Selisih daya produksi yang dibangkitkan dari kedua metode terjadi karena beberapa faktor. Dari sisi nilai kecepatan angin, dimana pada nilai rata-rata kecepatan angin pada simulasi HOMER yaitu 4,9 m/s. Sedangkan rata-rata kecepatan angin pada metode perhitungan hanya 1,941 m/s. Penyebabnya karena pada simulasi HOMER kecepatan angin yang diambil pada ketinggian  $\pm 50$  m dari atas permukaan tanah. Selain itu, juga didapati bahwa komponen pada kedua metode memiliki nilai yang berbeda. Seperti spesifikasi pada metode perhitungan jenis turbin yang digunakan hanya mengasumsikan efisiensi generator dan tidak memiliki kapasitas daya yang digunakan, sedangkan pada simulasi HOMER jenis turbin yang digunakan adalah jenis turbin AWS HC 1,5 kw.

Dari pemaparan di atas, maka dapat diketahui bahwa penyebab timbulnya selisih daya dari kedua metode yang dilakukan adalah karena adanya perbedaan referensi data yang digunakan, baik dari sisi kecepatan angin maupun spesifikasi jenis turbin yang digunakan. Dari total produksi daya yang didapatkan oleh masing-masing metode, maka diperoleh *range* daya dari kedua metode yaitu sebesar 101,11668 kWh/tahun hingga 1432 kWh/tahun .



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa karakteristik angin dan perhitungan uji potensi angin dari data pengukuran secara langsung dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

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. Aliran kecepatan angin bergantung pada ketinggian waktu pengukuran dan rintangan seperti dinding gedung atau pepohonan saat angin berhembus.
4. Keluaran daya yang dihasilkan oleh turbin angin dari rata-rata kecepatan angin pada bulan Oktober dan Desember antara 0,492 – 3,366 Watt untuk asumsi jenis turbin *savonius rotor*, sedangkan daya yang dibangkitkan oleh jenis turbin *three-blade rotor* yaitu antara 1,68 – 11,543 Watt.
5. Dengan keluaran daya yang dihasilkan oleh turbin angin didapatkan energi listrik tahunan 23,28373695 kWh/tahun dan jika pemasangan turbin sebanyak 10 turbin maka total energi yang dihasilkan adalah 1011,11668 kWh atau jika diakumulasikan menjadi rupiah adalah Rp1.662.801,603
6. Dari data kecepatan angin yang diperoleh selama setahun jenis turbin yang diasumsikan dapat menghasilkan energi listrik, namun kapasitas energi listrik yang dihasilkan kecil yaitu 101,11668 kWh/tahun dengan waktu yang dibutuhkan untuk balik modal selama 38 tahun. Sehingga potensi angin yang ada di lingkungan kampus UII kurang baik untuk didayagunakan.
7. Total produksi daya berdasarkan metode perhitungan dan simulasi HOMER memiliki selisih yang sangat jauh. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan referensi data yang digunakan, baik dari sisi kecepatan angin maupun spesifikasi jenis turbin yang digunakan

## 5.2 Saran

Penelitian tugas akhir ini merupakan riset yang belum pernah dilakukan pada kawasan Universitas Islam Indonesia, oleh sebab itu perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai uji potensi angin di lingkungan UII sebagai energi terbarukan agar didapat hasil konversi energi listrik yang lebih optimal dengan pengambilan data yang dilakukan lebih dari 2 bulan dan titik lokasi pengambilan data kecepatan angin dilakukan di seluruh atap gedung yang ada di lingkungan kampus terpadu UII dikarenakan ketinggian pada atap gedung memiliki potensi kecepatan angin yang baik. Serta saat mengasumsikan jenis turbin menggunakan spesifikasi yang cocok dengan kondisi kecepatan angin yang ada di lingkungan Universitas Islam Indonesia.



## 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 Kirklareli 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.

## Lampiran 1 – Data Pengukuran Kecepatan Angin pada Bulan Desember

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s) Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		2			3			4			5			6		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur	0	0	1,2	0	1,2	1	0,8	1	0	0	0,8	0,7	1	1,4	0
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	0	1	0	0	0,8	0	0	0,8	0	0	0,8	0,8	0	0,8	0
3	Gedung FTI Lt.1 Barat	0	0	0	0	1	0,8	0	1	0	0	1,2	0	0,8	0,8	0
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	1	1	0	0	1,2	0,8	1	1,4	0,8	1	0,8	0	0	1,4	1
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	0	1	0	0	0	0	0,8	0,8	0	0	1,4	0,8	0	0	0
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	0	0	0,8	0	1,4	1,2	1	1,3	0	0	1,4	0,8	0	1,4	0
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	0	1,4	1,2	1	1,4	1,2	1	2	1	0	2,4	0,8	1	1,8	0,8
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	1	1,2	1	0	1,2	1,4	0	1,2	0,8	0,8	0,8	2	0,8	0	0,8
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	0,8	1,8	0	1	1,8	1,4	0,8	1,4	0,8	0,8	1,8	1,2	1,2	2	1,4
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	1,4	2	1,4	1,2	1,4	1,8	1,4	2	1,8	1,2	1,5	2	1,4	2	1,7
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	0	1,8	1,2	0,8	1,2	1,2	0,8	1,2	0,8	0	2	0,8	0,8	0,8	0
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	1,4	2,2	1,8	1,2	2	2	1,3	2,1	1,2	0	2,5	1,8	1,2	2,1	2
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	0	1,2	1,2	0	1,4	1,4	0,8	1,2	0	0,8	2	2	0,8	1	1,3
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	0	1	1,2	0	1,2	1,2	0	1	0	0,8	2	1,6	0,8	1,2	1,4
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	1,4	2,4	1,8	1,2	2,2	1,8	1,3	2	1,4	0	2,6	2,2	1,4	2	2,2
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara	1,4	3	2,2	1,4	3	2,4	1,5	2,4	2,1	0,8	3,4	2,3	1,6	2,6	2,6
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat	1	2,2	2	1,2	2,1	2,2	1,4	2,2	2	0	2,7	2,8	1,2	2,1	2
18	Hall FTI	0	1,2	0,8	0	1	1	0	1,3	1,2	0,8	2,4	3	0	0	1
19	Perempatan parkir dosen	0	1	1	0	1,2	1,2	0	1,4	1,4	1	1,8	2,4	1	1,2	1,2
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat	0	1,8	1	0	2	0	1,2	2	0	1,8	2,2	2	0	1,8	2
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur	0	1,4	1	0	2	0	1,2	1,8	1,4	0,8	1,4	2	1,4	1,8	2
22	Lapangan FIAI	1	2	1,4	1	1,8	1,2	1,2	2,1	1,8	0	1,8	1,8	1,2	1,4	1,8
23	Atap gedung FIAI bagian Barat	0	1,8	1,4	0	1,8	1,4	1,2	2	1,8	1,2	2,1	2,2	0	2	1,4
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan	0	1,8	1,2	0	2	1,8	1,3	2	2	0	1,1	2	1,2	1,8	1,2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		2			3			4			5			6		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
25	Atap gedung FIAI bagian Timur	0	2,4	1,8	1,2	2,4	2	1,3	2,2	2,2	0	2,4	2	0	2,4	1,4
26	Depan BookStore	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0
27	Jalan Boulevard	0	0	0,8	0,8	1,2	0	0,8	1	1,2	0,8	2,2	0,8	0	1	1,2
28	Jalan Boulevard depan ATM	0	0	1	0	1,2	1,2	0,8	1	0,8	0,8	1,8	0,8	0	1	1,2
29	Lapangan Bola UI	0	0	2,2	0	2,2	2,4	1,4	2,3	2	1,2	2	1,8	1,3	2,4	2,2
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI	0	2,2	0	0	1,2	1	1,2	0	1,4	0	1,2	0	0	1	0

**Keterangan Warna:**

	Tepat setelah hujan
	Hari libur Sabtu dan Minggu
	Saat hujan dan setelah hujan
	Saat hujan

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		7			8			9			10			11		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur							0	0,8	0	0	2,4	1	0	1,4	1
2	Gedung FTI Lt.1 Utara							0	0	0	0	1,4	0	0	1,2	1,2
3	Gedung FTI Lt.1 Barat							0	0	0	0	0,8	0	0	1	1
4	Gedung FTI Lt.2 Timur							0	1	0	0	1,4	0	0	1	1,4
5	Gedung FTI Lt.2 Utara							0	0	0	0	1,4	0	0	1,4	1,2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		7			8			9			10			11		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
6	Gedung FTI Lt.2 Barat							0	0	0	0	1,4	3	0	1,4	1
7	Gedung FTI Lt.3 Timur							1	1,4	0	0,8	1,4	0	0	1,8	2,3
8	Gedung FTI Lt.3 Utara							0	2	0	0	1,2	2,5	0,8	1,2	1,8
9	Gedung FTI Lt.3 Barat							1	2	0	0	1,4	3,2	0,8	1,4	2,4
10	Gedung FTI Lt.4 Timur							1,2	3,1	0	0,8	1,4	0	0,8	1,8	2,8
11	Gedung FTI Lt.4 Utara							1	2,4	0	0,8	2,2	2	1	1,4	2,2
12	Gedung FTI Lt.4 Barat							1	2,7	1,3	0	1,8	1,2	0	2	3,1
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1							0	4,1	0	0,8	1	1,1	0,8	1,2	-
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2							0	2,3	1	1,4	1,5	1,2	1,3	2	-
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur							1	3,3	0	0,7	0,8	3	0,7	1,2	-
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara							1,8	3,8	0,8	1,1	4,1	3,4	1	2,1	-
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat							1,2	4,6	2,6	1,2	3,4	2,2	1,2	3,2	-
18	Hall FTI							0	2,7	1,6	1	2,1	1,1	1,1	2,2	2,1
19	Perempatan parkir dosen							0	1,9	0,8	1	0,8	1,4	1,2	1,2	1,8
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat							0	1,2	0	1,2	2,2	1,4	1,2	1,4	2
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur							0	2	0	1,3	2,2	1,4	1	1,2	2
22	Lapangan FIAI							1,2	1,8	0	1,2	1,2	2	1,4	2,2	1,8
23	Atap gedung FIAI bagian Barat							1	2,8	0	1,3	2	4,1	1,4	1,8	2,2
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan							1	2,2	0	1,1	2	4,4	1	2,2	2,4
25	Atap gedung FIAI bagian Timur							1,2	3	0	1,4	2,4	4,1	1,2	2,4	2,4
26	Depan BookStore							0	0	0	0	0	3,1	0	0	0
27	Jalan Boulevard							0	1,6	0	0	1	3,1	0	1	2,2
28	Jalan Boulevard depan ATM							0	1,5	0	0,7	1,5	3,1	0	1	1,8
29	Lapangan Bola UI							0	2,8	0	0	2,5	4,1	0	2,4	2,4
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI							0	1,5	0	0	1	0,8	0	1,4	2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		12			13			14			15			16		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur	0	0,8	0	0	0,8	0							0	0	0,8
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	0	0	0	0	0	0							0	0	1
3	Gedung FTI Lt.1 Barat	0	0	0	0	0	0							0	0	1,2
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	0	0	1,2	0	1	0							0	0	1,2
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	0	0	0	0	0	0							0	0	1,4
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	0	0	1,2	0	0	1,4							0	0	1,2
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	0	1	0	1	1,2	0							1	0	0
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	0	0	0	0	1,3	1,4							0	0	1,4
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	0,8	1,3	1,2	1	0	0							0,8	1	1
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	0	0	0	1,1	2,4	0							1	0	1,4
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	0	0	0	0	2	1,2							0	1	1,4
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	1	1,5	1,2	1,2	0,8	1							1	0	1,8
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	0	1	1	0	0,8	-							0	0,8	-
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	0	1,2	1	0	2	-							0	1,3	-
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	0	1,5	1,8	0,8	2,1	-							1	1,4	-
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara	1,2	1,5	2	1,4	2,2	-							1,2	2	-
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat	1,8	1,2	1,8	1,2	2	-							1,1	1,8	-
18	Hall FTI	1,2	0,8	0,8	1,1	1,4	1,1							0	1,8	2
19	Perempatan parkir dosen	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8							1,2	1,2	1,4
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat	0	1,4	0	1,9	1,6	0,8							1,2	1,2	1
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur	0	1,2	0	1	1,6	1,2							1,2	2	1
22	Lapangan FIAI	0	0	0	1,1	2	1							1	2	1,8
23	Atap gedung FIAI bagian Barat	0	0	0	0	0	2,2							0	2,2	1,4
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan	0	0	0	0	2	3,1							0	2	2,1

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		12			13			14			15			16		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
25	Atap gedung FIAI bagian Timur	1	0	0	0	2,6	2,8							0	1,5	1,8
26	Depan BookStore	0	0	0	0	0	2,5							0	0	2,4
27	Jalan Boulevard	0	0	0	0	1,3	3,2							0	0	1,4
28	Jalan Boulevard depan ATM	0	0	0	0	1,4	3,2							0	0	2
29	Lapangan Bola UI	0	0	0	1,4	2,2	4,1							1,2	1,3	2,3
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI	0	0	1,8	1	0,8	0							0	1,2	1

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		17			18			19			20			21		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0,8	0			
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	0,8	0			
3	Gedung FTI Lt.1 Barat	0	0	0	0	1,2	0,8	0	0	0	0	0	0			
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	0	0	0	0	1,3	1	0	0	0	1	0	0,8			
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0,8	1	0			
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	0	0	0	0,8	1,6	1,1	0	0	0	1,2	1,3	1,4			
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	0	0,8	0	0	2	1,2	1,2	0	1,2	1,3	1,6	1,4			
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	1,8	1,5				
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	0	0	0,8	0,8	1,4	1,2	1,3	0	0	1,2	2	2,1			
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	0	1	0	0	1	2	1,4	0	2	1,4	2	1,6			
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	0	0	0	0	1,7	1,4	0,8	0	1,6	0	2,2	2,2			
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	0	0	0,8	1,2	1,4	1,5	1,2	0	1,5	1,3	2,3	1,8			
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	0	0	0	0	2,3	1,5	0	1,2	1	1	1,2	1,4			
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	0	0	0	0,8	2,4	1,5	0	1,2	1,2	1	1,3	1,6			



Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		17			18			19			20			21		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	1,5	1	0,8	2,3	2,4	2,6	1,8	1,2	2	1,3	2,4	2			
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara	1,8	1,6	1,4	2,4	3,4	3,4	1,8	0,8	2	1,5	2,6	2,7			
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat	1,4	1,2	1	2	0	2,5	1,4	1,2	2,4	1,4	2,7	2,5			
18	Hall FTI	0,8	0,8	0,8	0	0,8	2,2	0	1,6	2,4	0	2,1	1,2			
19	Perempatan parkir dosen	0	0	0	0	0	1	1,2	1,2	1,4	1	2	1,4			
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat	1,8	0	0	1,2	2,1	2,1	1,5	2,4	1,6	1,4	1,5	1,8			
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur	1,3	0,8	0	2	2	2,1	1,4	0	1	1,4	1,4	1,7			
22	Lapangan FIAI	1,8	0	0	1,4	3,5	2,1	1,4	0	1,3	1,2	2,4	2,2			
23	Atap gedung FIAI bagian Barat	1,4	0,8	0,8	1,1	2,2	1,4	0	1,6	1,6	1,4	2	2			
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan	1	0	0	1,1	3,2	2	0	0	1,4	1,2	2,4	2,2			
25	Atap gedung FIAI bagian Timur	1,5	0	0	1,5	0	1,4	1,4	1,5	1,6	1,4	1,6	2,4			
26	Depan BookStore	0,8	0	0	0	0	1,4	0	1,5	1	0	1	0			
27	Jalan Boulevard	0,8	0	0	0	1	2	0	0	1,2	0	1,7	1,2			
28	Jalan Boulevard depan ATM	0	0	0	0	2	2,1	0	0	1	1	1,4	1			
29	Lapangan Bola UI	1,7	0	0	1,2	2	2,6	1,4	1,2	1,6	1,6	2,5	2			
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI	0	1,2	0	0,8	2,4	1,6	0	0	0	0	1	0			

L

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		22			23			24			25			26		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur				1,2	1,4	0,8	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	Gedung FTI Lt.1 Utara				1	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Gedung FTI Lt.1 Barat				1	1,4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	Gedung FTI Lt.2 Timur				1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		22			23			24			25			26		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
5	Gedung FTI Lt.2 Utara				1	0	1	0	0,8	1,2	0	0	1	0	0	0
6	Gedung FTI Lt.2 Barat				1	1,2	0	0	0	1	0	0	1,1	0	0	0
7	Gedung FTI Lt.3 Timur				1,4	2	2,2	0	0	1,3	0	1	1,2	0	1	1,2
8	Gedung FTI Lt.3 Utara				1,2	1	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	0
9	Gedung FTI Lt.3 Barat				0	0	2	1,2	0	1	1	0,8	1,2	1,1	0,8	1,7
10	Gedung FTI Lt.4 Timur				1,5	2,2	2,2	1	0	1	1	1	1,2	0	0	1
11	Gedung FTI Lt.4 Utara				1	0	1,6	0	1	1,2	0	0	1,2	0	0	0
12	Gedung FTI Lt.4 Barat				1,2	1,8	2	0	0	1,4	1,1	1,2	1,3	0,8	0	1,2
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1				1	1,4	1,4	1,2	0	0	0	0	0	0	0,8	1,4
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2				1,1	1,5	1,2	0	0	0	0	0	1	0	1	1
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur				1,4	2	3,2	0	1	1,4	1	1,3	1,4	1	0	1,3
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara				2	2,4	4,1	1,2	1,3	2	1	1,4	2	1,5	1,4	1,4
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat				1,8	2,1	3,3	1,4	1,4	1,5	1,2	1	1,5	1,8	0	2
18	Hall FTI				1,4	1,4	0	1	1,3	0	0	0	1,2	0	1,4	2,2
19	Perempatan parkir dosen				1,4	2,1	2	0	0	1	0	0	1,2	0	1,2	1
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat				2	2	1	0	0	1,2	0	0	1,4	0	1,2	1,4
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur				1,4	0	2	0	1	1,4	0	0	1,3	0	1	0
22	Lapangan FIAI				1	0	2	1,4	2,1	1,8	1	1,2	1,5	1	1,8	0
23	Atap gedung FIAI bagian Barat				1,2	1,5	2	1	0	1,4	0	1	1	0	1,2	1,6
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan				2	1,5	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1
25	Atap gedung FIAI bagian Timur				2,1	2,4	2	1,2	0	1,5	0	1,4	1,3	0	2,2	1,2
26	Depan BookStore				0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0
27	Jalan Boulevard				0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
28	Jalan Boulevard depan ATM				0	1,2	0	0	1	0	0	0	1	0	1,2	1,4
29	Lapangan Bola UI				2	2	0	1,4	0	2	1,2	1,3	1,4	1,2	1	0

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Desember																
No	Lokasi	Tanggal														
		22			23			24			25			26		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI				1,4	1,8	1,4	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)										
Bulan: Desember										
No	Lokasi	Tanggal								
		27			30			31		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur	0	1,2	1	0	1	1	0	1,1	0
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	0	1	1	0	1,1	0	0	1	0
3	Gedung FTI Lt.1 Barat	0	1,1	0,8	0	1	0	0	1	0
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	0	0	1,1	0	0	1	0	1	0
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	1,3	1,3	1,1	0,8	1	1	0	0	0
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	1	2	1,3	1	1,3	1,1	1	1	1,1
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	1,4	1,3	1,2	0	1,5	0	0	0	1,2
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	1,2	2	1,4	1,1	2	0	0	1,8	1,2
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	1,4	2,5	2	1,1	1,4	1,3	1	1,4	1,4
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	0	2,4	2,1	1	1,6	1,5	1,2	0	0
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	0	2	2	1,2	3,1	1,4	1,1	2	1,4
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	0	2,2	-	0	1	1	0	0	0
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	0	2,1	-	0	1,2	0,8	0	1	1
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	1,2	3,1	-	1,2	3,1	2,1	1,4	1,4	1,5
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara	2	4,3	-	1,4	3,4	2,3	1,4	2,1	2
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat	1,6	2,8	-	1,3	4,1	2,6	1,3	2,4	2,2
18	Hall FTI	1,1	2,1	2,3	0	1,1	1,3	0	0	1,2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)										
Bulan: Desember										
No	Lokasi	Tanggal								
		27			30			31		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
19	Perempatan parkir dosen	0	1,8	1,3	0	1,2	1	0	0	0
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat	1,1	2,2	1,4	1,2	2	1,4	1,2	1,4	1,2
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur	0,8	2,4	1,2	1,2	1,8	1,3	1,2	0	1,3
22	Lapangan FIAI	0	2,4	2,1	1,3	2	1,5	1,5	1	2
23	Atap gedung FIAI bagian Barat	1	3	2,1	1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan	0	3	2,2	1,2	1,3	1,3	1	1,2	1,1
25	Atap gedung FIAI bagian Timur	1,2	3,1	2,4	1,4	2	1,4	1,3	1,5	1,4
26	Depan BookStore	0	1,2	1	0	0	0	0	0,8	0
27	Jalan Boulevard	0	2	1,4	0	0	0	0	1,2	0
28	Jalan Boulevard depan ATM	0	2	1,5	0	0	1,2	0	1	0
29	Lapangan Bola UI	1	3	2,3	1,4	2,4	2,1	1,5	2,5	2,1
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI	1,1	1,5	1,6	0	1,8	1,1	0	1,2	1,1

## Lampiran 2 – Data Pengukuran Kecepatan Angin pada Bulan Oktober

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Oktober																
No	Lokasi	Tanggal														
		14			15			16			17			18		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur	0,7	0,7	1,9	0,7	1,4	1,2	0	0,8	0,7	0	0,7	0,7	0	1,5	0,7
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	0,7	1,2	1,3	0	2	1,8	0	0,9	0	0	0,7	0,7	0	0,7	0
3	Gedung FTI Lt.1 Barat	0	1,2	1,6	0	1,4	1,4	1,2	0,7	0,7	0	1,2	1,2	0,7	0,7	1,2
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	0	1	1,4	0,9	1,8	1,2	0,7	0	0	1,1	0,7	0,7	0,7	1,2	1,2
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	0	1,5	0,7	0,9	1	1,2	0	1,2	0	0	1,4	0,8	0	0,8	0,7
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	1,2	2,1	0,7	0	1,4	1,6	0,7	1,4	1,5	0	1,4	0,8	0	2,2	0,8
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	0	1,4	0,8	1	1,8	1,2	1,4	2,4	1,5	0	2,4	2,4	0	1,5	1,8
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	0	1,4	1,4	1	1,4	1,8	1,4	1,2	1,5	0,7	0,7	1,2	0,8	2	1,2
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	0	1,9	1,1	1,2	1,4	1,2	0	2,4	1,5	0,7	1,8	2,4	0	2,5	1,4
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	0,8	3,9	1,5	0,8	2	1,8	0,8	2,2	2	0	1,5	0,7	0,8	2,2	0,7
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	1,4	2,1	0,3	0,8	2	2,2	0,8	1,2	2	0	2	2,2	1,2	2,4	2,2
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	0,7	4,1	1,6	1,4	1,5	1,4	0,8	2,4	1,2	1,2	2,5	3,2	0,8	2,4	1,4
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	0	1,5	2,2	0,7	1,2	2	0,7	2,4	0,8	0	2	1,6	0	1,2	1
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	0	2,5	2,8	0,7	2,2	2,4	0,7	2,4	0,8	0	2	2,4	0,7	1,4	1,2
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	0	3,1	3,1	0	3	1,8	0	3,1	2	0,7	2,5	2,8	0,8	3,2	2
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara	0,8	2,5	2,2	0	2,2	2	0	3,2	3,4	0,7	3,6	3,4	0	3	2,4
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat	0,8	3,1	2,4	0	1,8	2	0	2,4	2,5	0	2,7	3,1	0	2,8	2,2
18	Hall FTI	1,2	1,4	0,8	1,5	1,2	0,7	0	0	1,4	0,8	2,4	2,4	1	1,2	1,5
19	Perempatan parkir dosen	0	2	2	0,8	0,8	1	1,2	1,4	2	0	1,8	2	0	1,2	1
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat	1,4	2,5	2,4	2,1	2	1,2	0,8	2,5	1,4	0,8	2,2	2	1,1	3,2	2,4
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur	0,9	2,4	2,2	2,1	2	2,4	0,8	1,4	1,8	1	1,4	1,8	1	1,8	1,8
22	Lapangan FIAI	1,2	1,8	0,8	0,8	2,4	1,8	0,8	2	1,8	1,8	2,8	2,4	1,4	2,2	1,8
23	Atap gedung FIAI bagian Barat	1,8	2	2,2	0,8	1,7	2,8	0	1,2	2,2	0,7	2,1	2,2	1,2	2,4	2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Oktober																
No	Lokasi	Tanggal														
		14			15			16			17			18		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan	1,4	2,6	2,2	0,8	1,7	2,6	1,2	1,8	2,1	0	1,1	2,8	1,2	3	2,4
25	Atap gedung FIAI bagian Timur	1,6	3,1	2,2	1,1	2,8	2	2,5	3,1	1,8	0,8	2,2	3,2	1,6	3,4	2,4
26	Depan BookStore	0,7	1,6	0,7	0	1,4	1,2	0	0,7	0,7	0	1,2	0	0	0,8	0,8
27	Jalan Boulevard	0,7	1,1	1,3	0	1	0,8	1,4	1,6	1,6	0	2,2	0,8	0,8	1,4	1,2
28	Jalan Boulevard depan ATM	1	1,1	0,8	0,8	1	2	1	1,8	1,1	0	1,8	1	0,8	2,1	1,2
29	Lapangan Bola UI	1,3	2,2	1,4	2	2	2,4	2,4	2,6	2,4	0,8	2	3,3	1,6	3,2	1,4
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI	1,1	2,2	1,4	0,7	2	0	0,7	1,4	0,8	0	1,2	1,4	0	1,4	1,2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Oktober																
No	Lokasi	Tanggal														
		19			20			21			22			23		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur							0	1,2	0,7	0,7	0	1,1	0,7	0,7	1,1
2	Gedung FTI Lt.1 Utara							0	0,7	0,8	0	1	1,4	0	1	1
3	Gedung FTI Lt.1 Barat							0	0	0,8	0,7	0	1,4	0	1,4	1,4
4	Gedung FTI Lt.2 Timur							1	1,8	0	0,8	1,8	1,2	0	1,6	1
5	Gedung FTI Lt.2 Utara							0,7	0	0,8	0	0,7	1,2	0	0,8	1
6	Gedung FTI Lt.2 Barat							0	0,8	1,2	0,8	1,4	1,6	0	0,8	1,4
7	Gedung FTI Lt.3 Timur							1,2	1,4	1,4	1	1,4	1	0	2	1,1
8	Gedung FTI Lt.3 Utara							1,2	1,8	1,4	0,7	2,2	1,8	0,7	2	1,4
9	Gedung FTI Lt.3 Barat							0,7	1,2	1,2	1,2	3,4	1,2	0,8	2,2	1,2
10	Gedung FTI Lt.4 Timur							0,7	0,8	1,8	1	2,1	1,8	0	1,6	1,8
11	Gedung FTI Lt.4 Utara							1	1,2	2,2	1,2	1,4	2	1,2	2	2,2
12	Gedung FTI Lt.4 Barat							1	2,8	1,4	0	3,4	1,2	0,7	2,6	1,8
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1							0	1	1	0	2	1,8	0	1,2	2,2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Oktober																
No	Lokasi	Tanggal														
		19			20			21			22			23		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2							0	1,2	1,1	0,7	2,1	2,4	0	1,4	2
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur							1,2	2,4	2,1	1,2	2,8	1,8	0,8	2,2	2,8
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara							0,8	2,8	2,4	1,4	3,6	2	0,7	2,4	3,2
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat							0,7	2,2	2,8	1	3,1	1,8	0,7	2,4	2,4
18	Hall FTI							1	1	1,4	0	1,8	1	1,2	2	1,4
19	Perempatan parkir dosen							0	1,4	1,6	1	1,3	1,2	0	2	2
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat							1,2	1,4	2,2	1,1	2,1	1	1,4	1,8	1,8
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur							1	2,2	1,6	1	1,4	2,4	1	1,4	2,2
22	Lapangan FIAI							0,8	2,2	1,4	1,4	1,8	2	1,2	1,7	2,4
23	Atap gedung FIAI bagian Barat							0	2,4	2	1	2,4	2,4	1,8	3,2	2,4
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan							1,2	2,8	2,4	1,2	3,8	2,7	1,4	2	3
25	Atap gedung FIAI bagian Timur							1,4	1	2,4	1,2	3,4	1,8	1,2	2,4	2,8
26	Depan BookStore							0	1	0,7	0	0,7	1	0,7	0,8	0,8
27	Jalan Boulevard							1	1,8	1,4	0	1,8	1,4	0,7	1,4	2
28	Jalan Boulevard depan ATM							0,8	1,4	1,2	0	1,8	1,2	1	1,2	1,2
29	Lapangan Bola UI							1,8	2	2,2	1,2	2,5	2,2	1,2	2,4	2,4
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI							0,8	1,4	1	0	0	1	1,1	1	1,2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Oktober																
No	Lokasi	Tanggal														
		24			25			26			27			28		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur	0	0	0,8	0	1,4	1							0	1	0,8
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	0	0	0,8	0	1,2	1							0	1,2	1
3	Gedung FTI Lt.1 Barat	0	1,2	1,2	0	1,2	0,8							0	1	1,2

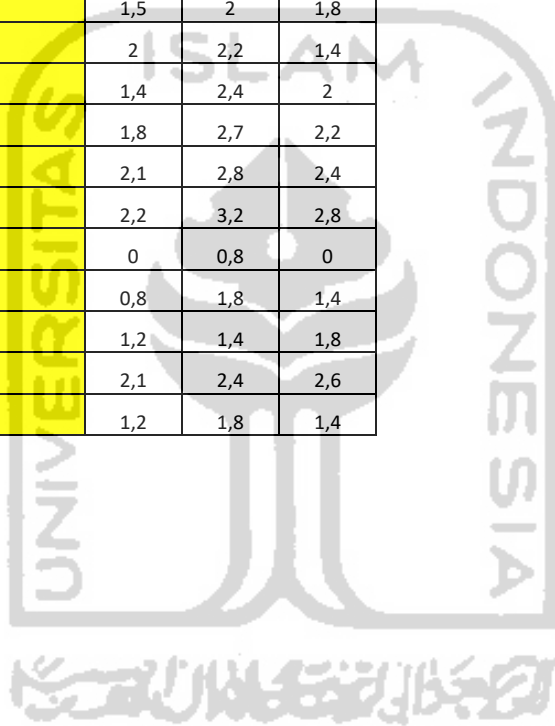
Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Oktober																
No	Lokasi	Tanggal														
		24			25			26			27			28		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	0	0,8	1,2	0,7	1,7	1,4							0	1,4	1,4
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	0	1,4	0,8	0	1	0,7							0	0,8	0,8
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	0	1,2	1,2	0	1,2	1,1							0	1,2	1,2
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	1,2	2,2	2,4	1	1,8	1,2							1	1,8	2
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	0,8	1,2	1,4	1,2	1,2	1,4							0,8	1	0,8
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	0	1,8	2,2	0	2	1,2							1	2	2
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	1,4	1,2	2,2	0	1,8	2							1,2	2	1,8
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	0,8	2	2	1,2	1,4	1,8							0	1,2	1,4
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	1	2,4	2,8	1,2	2,4	2,4							1,2	2,1	2,1
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	0	1,8	1,4	0	1,4	2,4							0	1	1,2
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	0	2	2	0	1,2	1,4							0	1,2	1,6
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	1,4	2,2	2	1	2,4	2							1,2	2,2	1,8
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara	1,2	2,8	2,8	0,8	3	2,4							1,4	2,7	2,4
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat	1,2	2,4	2,2	0,8	2,8	3,4							1,1	2,1	2
18	Hall FTI	0,8	1,4	1,1	0,7	1,2	2,8							0	1,2	1,4
19	Perempatan parkir dosen	1	1,4	1,2	0	2	1,6							0,8	1,4	1,2
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat	0,8	2,2	1,4	1	1,8	1,4							0,8	1,7	2
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur	0,8	1,8	1,4	1,2	2,2	1,8							1	1,8	1,8
22	Lapangan FIAI	1,4	2	2,2	0,8	2,4	2							1,2	2,1	2,2
23	Atap gedung FIAI bagian Barat	1,2	2,2	2	0	2,4	2,4							1,4	2,2	2,4
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan	1,4	2,4	2,4	1,2	2,2	2,8							1,2	2,4	3,1
25	Atap gedung FIAI bagian Timur	1,4	3	2,8	1,4	3,2	3,2							1,4	2,7	3,4
26	Depan BookStore	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8							0	0,8	0
27	Jalan Boulevard	0	1,4	1,4	0,8	1,6	2							0,8	1,4	1,4
28	Jalan Boulevard depan ATM	0,8	1,2	1	0,8	1,4	1,8							0,8	1,2	1,6



Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)																
Bulan: Oktober																
No	Lokasi	Tanggal														
		24			25			26			27			28		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
29	Lapangan Bola UI	2	2,6	2,6	1,7	2,4	2,6							1,8	2,2	2,8
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI	0,8	1,2	1	0	1	1,4							1	1,2	1,4

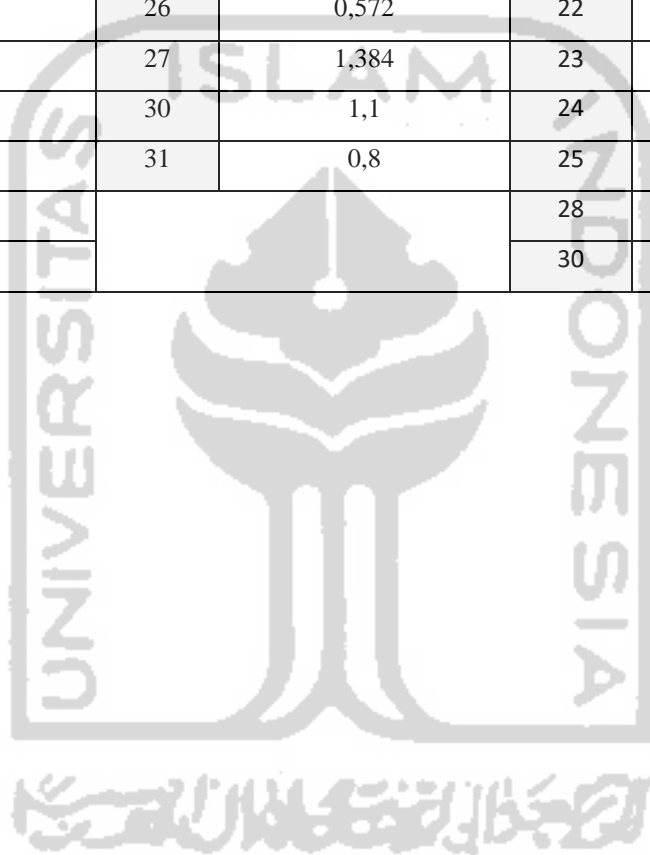
Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)							
Bulan: Oktober							
No	Lokasi	Tanggal					
		29			30		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
1	Gedung FTI Lt.1 imur				0	1,2	1
2	Gedung FTI Lt.1 Utara				0	1,4	0,8
3	Gedung FTI Lt.1 Barat				0	1,2	1,2
4	Gedung FTI Lt.2 Timur				0	1,2	1,2
5	Gedung FTI Lt.2 Utara				0	1	0,8
6	Gedung FTI Lt.2 Barat				1,2	1,4	1,4
7	Gedung FTI Lt.3 Timur				0,8	2,1	2
8	Gedung FTI Lt.3 Utara				0	1,4	2,2
9	Gedung FTI Lt.3 Barat				1	2,4	2,4
10	Gedung FTI Lt.4 Timur				0	2,4	2,2
11	Gedung FTI Lt.4 Utara				1,4	1,8	1,4
12	Gedung FTI Lt.4 Barat				0	2,8	2,4
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1				0,8	1,4	1,2
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2				0,8	2	1,8
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur				1	2,4	2,2
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara				1,4	2,8	3,2
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat				0,8	2,2	2,4
18	Hall FTI				0	1,4	1,2

Data Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)							
Bulan: Oktober							
No	Lokasi	Tanggal					
		29			30		
		Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 1	Shift 2	Shift 3
19	Perempatan parkir dosen				1	1,7	1,2
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat				1,5	2	1,8
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur				2	2,2	1,4
22	Lapangan FIAI				1,4	2,4	2
23	Atap gedung FIAI bagian Barat				1,8	2,7	2,2
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan				2,1	2,8	2,4
25	Atap gedung FIAI bagian Timur				2,2	3,2	2,8
26	Depan BookStore				0	0,8	0
27	Jalan Boulevard				0,8	1,8	1,4
28	Jalan Boulevard depan ATM				1,2	1,4	1,8
29	Lapangan Bola UI				2,1	2,4	2,6
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI				1,2	1,8	1,4



**Lampiran 3 – Karakteristik Rata-rata Kecepatan Angin Berdasarkan Tanggal Pengambilan Data**

Desember				Oktober	
Tanggal	Rata-rata Kecepatan Angin (m/s)	Tanggal	Rata-rata Kecepatan Angin (m/s)	Tanggal	Rata-rata Kecepatan Angin (m/s)
2	0,887	18	1,268	14	1,42667
3	1,017	19	0,753	15	1,38
4	1,106	20	1,299	16	1,5
5	1,241	23	1,312	17	1,35111
6	1,057	24	0,54	18	1,33778
9	0,891	25	0,563	21	1,23444
10	1,411	26	0,572	22	1,40778
11	1,396	27	1,384	23	1,40444
12	0,431	30	1,1	24	1,35889
13	0,987	31	0,8	25	1,40222
16	0,871			28	1,32778
17	0,369			30	1,51111



#### Lampiran 4 – Karakteristik Rata-rata Kecepatan Angin Berdasarkan Shift


Desember			
Tanggal	Shift 1	Shift 2	Shift 3
2	0,347	1,293	1,02
3	0,4	1,483	1,167
4	0,85	1,47	0,997
5	0,487	1,79	1,447
6	0,67	1,373	1,127
9	0,453	1,95	0,27
10	0,593	1,71	1,93
11	0,597	1,57	1,86
12	0,26	0,507	0,527
13	0,543	1,22	1,24
16	0,43	0,857	1,416
17	0,587	0,307	0,213
18	0,687	1,593	1,523
19	0,64	0,553	1,067
20	0,867	1,633	1,4
23	1,19	1,317	1,43
24	0,4	0,363	0,857
25	0,283	0,42	0,987
26	0,28	0,633	0,803
27	0,613	2,0964	1,512
30	0,6	1,5	1,1
31	0,6	1	0,9

Oktober			
Tanggal	Shift 1	Shift 2	Shift 3
14	0,7	2,04	1,6
15	0,8	1,726	1,44
16	0,4	1,806	1,853
17	0,606	1,966	1,44
18	0,607	1,967	1,44
21	0,707	1,51	1,487
22	0,717	1,907	1,6
23	0,673	1,72	1,82
24	0,713	1,673	1,69
25	0,61	1,79	1,807
28	0,703	1,607	1,673
30	0,883	1,923	1,733

#### Lampiran 4 – Standar Deviasi dari Rata-rata Kecepatan Angin Berdasarkan Lokasi

	Lokasi	Rata-rata Kecepatan Angin (m/s)	Standar Deviasi (m/s)
1	Gedung FTI Lt.1 Timur	0,534	0,565
2	Gedung FTI Lt.1 Utara	0,407	0,542
3	Gedung FTI Lt.1 Barat	0,462	0,551
4	Gedung FTI Lt.2 Timur	0,614	0,598
5	Gedung FTI Lt.2 Utara	0,404	0,51
6	Gedung FTI Lt.2 Barat	0,715	0,678
7	Gedung FTI Lt.3 Timur	1,1	0,711
8	Gedung FTI Lt.3 Utara	0,828	0,704
9	Gedung FTI Lt.3 Barat	1,18	0,769
10	Gedung FTI Lt.4 Timur	1,289	0,8
11	Gedung FTI Lt.4 Utara	1,091	0,79
12	Gedung FTI Lt.4 Barat	1,479	0,86
13	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 1	0,895	0,794
14	Gedung FTI atap Lt.3 bag. Selatan titik 2	1,026	0,796
15	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Timur	1,67	0,85
16	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Utara	2,08	0,942
17	Gedung FTI atap Lt.4 bag. Barat	1,845	0,906
18	Hall FTI	1,088	0,762
19	Perempatan parkir dosen	0,997	0,666
20	Jalan masuk parkir FIAI bagian Barat	1,358	0,739
21	Jalan masuk parkir FIAI bagian Timur	1,287	0,698
22	Lapangan FIAI	1,502	0,719
23	Atap gedung FIAI bagian Barat	1,468	0,869
24	Atap gedung FIAI bagian Selatan	1,509	1,015
25	Atap gedung FIAI bagian Timur	1,753	0,974
26	Depan BookStore	0,414	0,645
27	Jalan Boulevard	0,826	0,773
28	Jalan Boulevard depan ATM	0,883	0,737
29	Lapangan Bola UI	1,729	0,927
30	Lorong masuk menuju gedung masuk FTI	0,787	0,688

## Lampiran 5 – Harga dan Deskripsi Turbin Angin



**Power Merchant**

**Generator Turbin Angin Turbin 3 Bilah 100W 200W 300W 400W 12V / 24V**

Jadilah Yang Pertama Mengulas Produk Ini ★ • 9x Dilihat

---

HARGA **Rp6.438.900**

**OVO** Cicilan mulai Rp731.352  
PayLater [Lihat semua metode](#)

---

JUMLAH **Stok hampir habis! Tersisa <5**

– 1 + Min. pembelian 1pcs.

[Tulis catatan untuk penjual](#)

---

INFO PRODUK	Waktu Preorder <b>10 Hari</b>	Berat <b>666gr</b>	Kondisi <b>Baru</b>	Asuransi <b>Opsional</b>	Etalase <b>Hot Sale</b> ▾
-------------	----------------------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------------	------------------------------

---

ONGKOS KIRIM Ke **Jakarta Barat, Cengkareng** ▾

Mulai dari Rp9.000 ⓘ

-High cost-performance

**Deskripsi**
Ulasan (0)
Diskusi (0)

Specification:

Model:NE-100S3

Rated wattage:100W

Voltage:12V/24V

Start wind speed:2m/s

Rated wind speed:10m/s

Safe wind speed:55m/s

Main engine net weight:6kg

Wind wheel diameter:1.2m

Blade number:3

Blade material:nylon fiber

Cabin material:Die casting aluminum alloy

Generator: 3phase AC PMG

Wind direction adjustment:auto adjust

Working temperature:-40°C-80°C

Color:White

Model:NE-200S3

Rated wattage:200W

Voltage:12V/24V

Start wind speed:2m/s

Rated wind speed:10.5m/s

Safe wind speed:55m/s

Main engine net weight:6.5kg

Wind wheel diameter:1.3m

Blade number:3

Blade material:nylon fiber

Cabin material:Die casting aluminum alloy

Generator: 3phase AC PMG

Wind direction adjustment:auto adjust

Working temperature:-40°C-80°C

Color:White

42

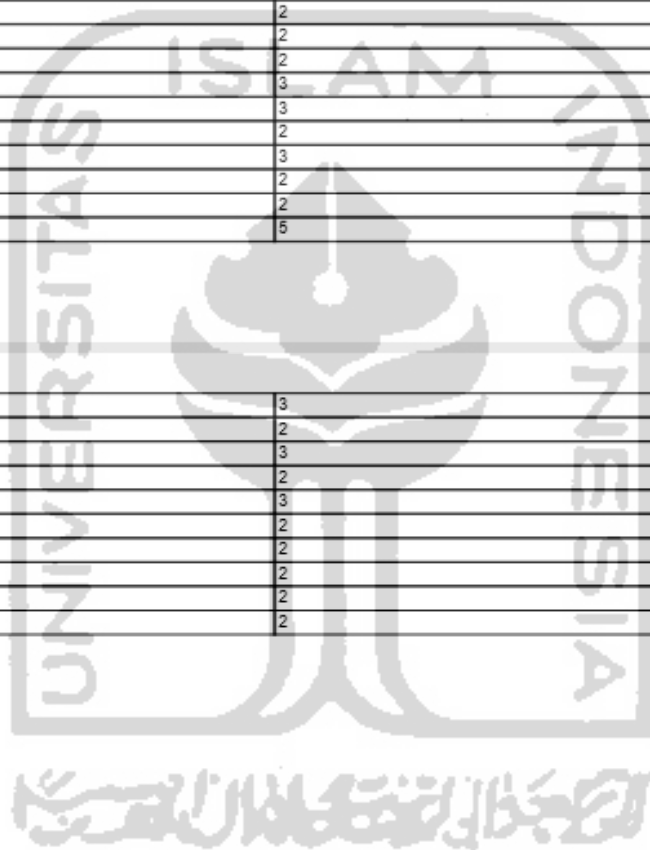
Lampiran 6 – Data rata-rata kecepatan angin dari BMKG wilayah Sleman tahun 2019



ID WMO : 06855  
 Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
 Lintang : -7.82000  
 Bujur : 110.30000  
 Elevasi : 153

Tanggal	ff_x
01-01-2019	2
02-01-2019	2
03-01-2019	2
04-01-2019	2
05-01-2019	2
06-01-2019	2
07-01-2019	2
08-01-2019	2
09-01-2019	2
10-01-2019	2
11-01-2019	2
12-01-2019	2
13-01-2019	2
14-01-2019	2
15-01-2019	3
16-01-2019	3
17-01-2019	2
18-01-2019	3
19-01-2019	2
20-01-2019	2
21-01-2019	5

22-01-2019	3
23-01-2019	2
24-01-2019	3
25-01-2019	2
26-01-2019	3
27-01-2019	2
28-01-2019	2
29-01-2019	2
30-01-2019	2
31-01-2019	2

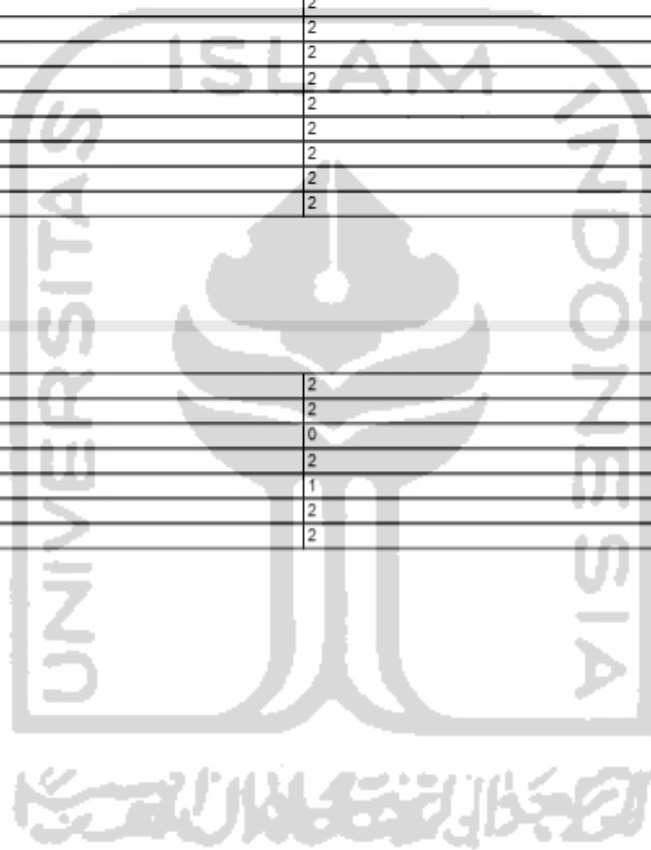




ID WMO : 06855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	ff_x
01-02-2019	2
02-02-2019	2
03-02-2019	2
04-02-2019	2
05-02-2019	3
06-02-2019	5
07-02-2019	2
08-02-2019	3
09-02-2019	2
10-02-2019	2
11-02-2019	3
12-02-2019	2
13-02-2019	2
14-02-2019	2
15-02-2019	2
16-02-2019	2
17-02-2019	2
18-02-2019	2
19-02-2019	2
20-02-2019	2
21-02-2019	2

22-02-2019	2
23-02-2019	2
24-02-2019	0
25-02-2019	2
26-02-2019	1
27-02-2019	2
28-02-2019	2



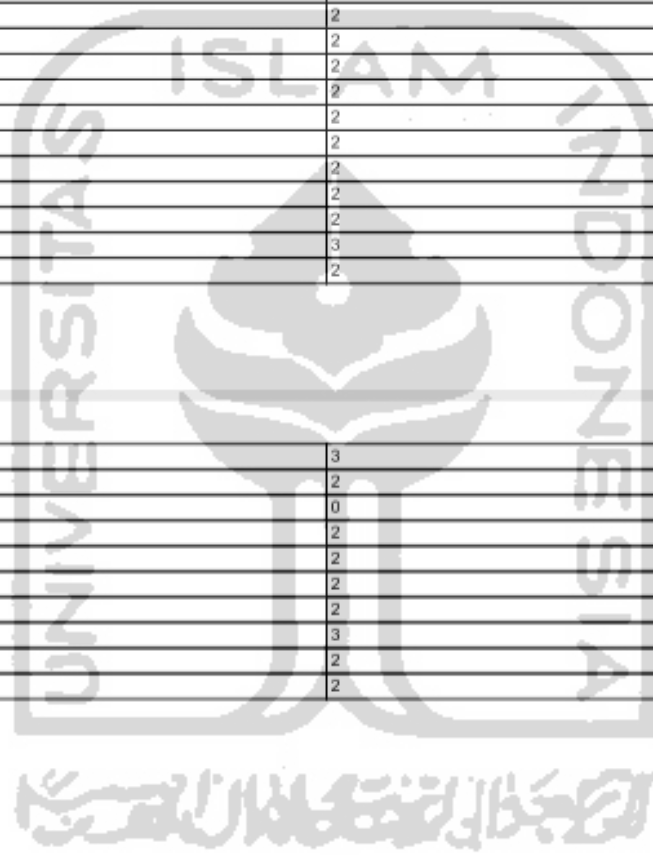




ID WMO : 96855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	ff_x
01-03-2019	2
02-03-2019	2
03-03-2019	1
04-03-2019	2
05-03-2019	2
06-03-2019	3
07-03-2019	1
08-03-2019	2
09-03-2019	2
10-03-2019	2
11-03-2019	2
12-03-2019	2
13-03-2019	2
14-03-2019	2
15-03-2019	2
16-03-2019	2
17-03-2019	2
18-03-2019	2
19-03-2019	2
20-03-2019	3
21-03-2019	2

22-03-2019	3
23-03-2019	2
24-03-2019	0
25-03-2019	2
26-03-2019	2
27-03-2019	2
28-03-2019	2
29-03-2019	3
30-03-2019	2
31-03-2019	2





ID WMO : 96855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sieman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	ff_x
01-04-2019	3
02-04-2019	2
03-04-2019	2
04-04-2019	2
05-04-2019	2
06-04-2019	2
07-04-2019	2
08-04-2019	2
09-04-2019	2
10-04-2019	2
11-04-2019	2
12-04-2019	2
13-04-2019	2
14-04-2019	2
15-04-2019	2
16-04-2019	2
17-04-2019	2
18-04-2019	2
19-04-2019	2
20-04-2019	2
21-04-2019	2

22-04-2019	2
23-04-2019	2
24-04-2019	2
25-04-2019	2
26-04-2019	2
27-04-2019	2
28-04-2019	2
29-04-2019	2
30-04-2019	2

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



ID WMO : 96855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	ff_x
01-04-2019	3
02-04-2019	2
03-04-2019	2
04-04-2019	2
05-04-2019	2
06-04-2019	2
07-04-2019	2
08-04-2019	2
09-04-2019	2
10-04-2019	2
11-04-2019	2
12-04-2019	2
13-04-2019	2
14-04-2019	2
15-04-2019	2
16-04-2019	2
17-04-2019	2
18-04-2019	2
19-04-2019	2
20-04-2019	2
21-04-2019	2

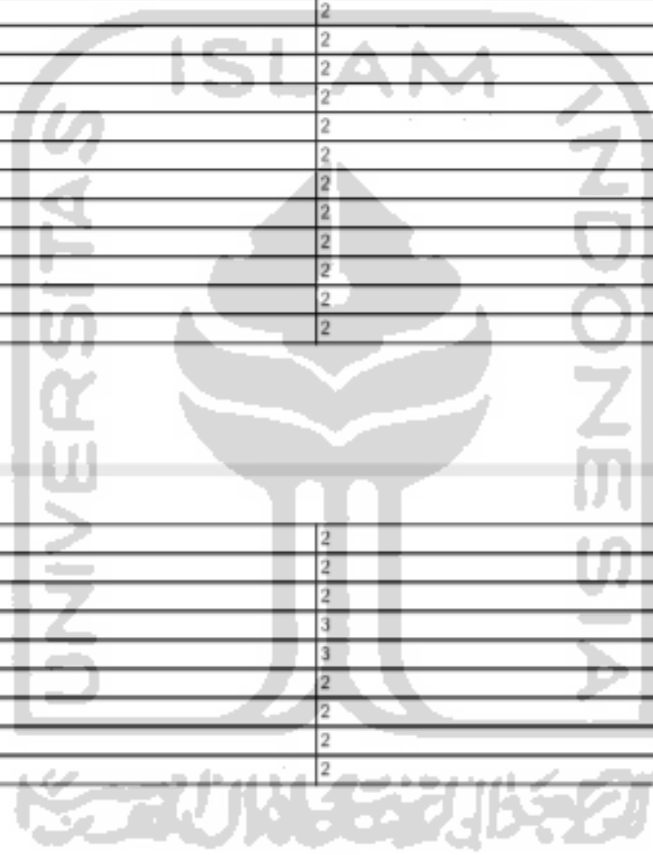
22-04-2019	2
23-04-2019	2
24-04-2019	2
25-04-2019	2
26-04-2019	2
27-04-2019	2
28-04-2019	2
29-04-2019	2
30-04-2019	2



ID WMO : 96855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	ff_x
01-06-2019	2
02-06-2019	2
03-06-2019	2
04-06-2019	2
05-06-2019	2
06-06-2019	2
07-06-2019	2
08-06-2019	3
09-06-2019	3
10-06-2019	2
11-06-2019	2
12-06-2019	2
13-06-2019	2
14-06-2019	2
15-06-2019	2
16-06-2019	2
17-06-2019	2
18-06-2019	2
19-06-2019	2
20-06-2019	2
21-06-2019	2

22-06-2019	2
23-06-2019	2
24-06-2019	2
25-06-2019	3
26-06-2019	3
27-06-2019	2
28-06-2019	2
29-06-2019	2
30-06-2019	2

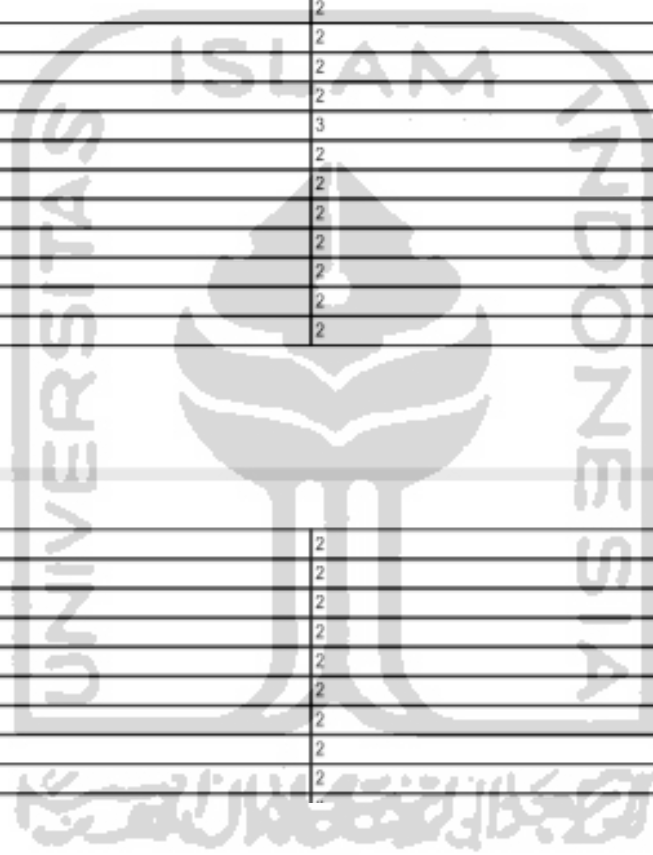




ID WMO : 96855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	ff_x
01-07-2019	2
02-07-2019	2
03-07-2019	2
04-07-2019	2
05-07-2019	2
06-07-2019	2
07-07-2019	2
08-07-2019	2
09-07-2019	4
10-07-2019	2
11-07-2019	2
12-07-2019	2
13-07-2019	2
14-07-2019	3
15-07-2019	2
16-07-2019	2
17-07-2019	2
18-07-2019	2
19-07-2019	2
20-07-2019	2
21-07-2019	2

22-07-2019	2
23-07-2019	2
24-07-2019	2
25-07-2019	2
26-07-2019	2
27-07-2019	2
28-07-2019	2
29-07-2019	2
30-07-2019	2





ID WMO : 96855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	ft_x
01-08-2019	2
02-08-2019	2
03-08-2019	2
04-08-2019	2
05-08-2019	2
06-08-2019	3
07-08-2019	3
08-08-2019	2
09-08-2019	2
10-08-2019	2
11-08-2019	3
12-08-2019	2
13-08-2019	2
14-08-2019	2
15-08-2019	2
16-08-2019	3
17-08-2019	2
18-08-2019	2
19-08-2019	3
20-08-2019	2
21-08-2019	2

22-08-2019	3
23-08-2019	3
24-08-2019	3
25-08-2019	3
26-08-2019	2
27-08-2019	4
28-08-2019	2
29-08-2019	2
30-08-2019	3
31-08-2019	2



ID WMO : 98855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	f_x
01-09-2019	2
02-09-2019	2
03-09-2019	2
04-09-2019	2
05-09-2019	2
06-09-2019	3
07-09-2019	2
08-09-2019	2
09-09-2019	2
10-09-2019	3
11-09-2019	2
12-09-2019	2
13-09-2019	2
14-09-2019	2
15-09-2019	2
16-09-2019	2
17-09-2019	2
18-09-2019	2
19-09-2019	2
20-09-2019	2
21-09-2019	2

22-09-2019	2
23-09-2019	2
24-09-2019	2
25-09-2019	2
26-09-2019	2
27-09-2019	2
28-09-2019	2
29-09-2019	2
30-09-2019	3



ID WMO : 96855  
Nama Stasiun : Stasiun Geofisika Sleman  
Lintang : -7.82000  
Bujur : 110.30000  
Elevasi : 153

Tanggal	ff_x
01-11-2019	2
02-11-2019	2
03-11-2019	2
04-11-2019	2
05-11-2019	2
06-11-2019	2
07-11-2019	2
08-11-2019	2
09-11-2019	2
10-11-2019	2
11-11-2019	2
12-11-2019	3
13-11-2019	2
14-11-2019	2
15-11-2019	2
16-11-2019	2
17-11-2019	2
18-11-2019	2
19-11-2019	2
20-11-2019	2
21-11-2019	2

22-11-2019	2
23-11-2019	2
24-11-2019	2
25-11-2019	2
26-11-2019	2
27-11-2019	2
28-11-2019	2
29-11-2019	2
30-11-2019	2

