



BAPPEDA



## LAPORAN

# POTENSI ENERGI ANGIN LEPAS PANTAI DI GAMPONG ULEE LHEUE UNTUK KETENAGALISTRIKAN BANDA ACEH

KERJASAMA  
BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN DAERAH  
DENGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) AR-RANIRY  
TAHUN 2019

ISSN :

**TIM PENYUSUN**

**POTENSI ENERGI ANGIN LEPAS PANTAI DI GAMPONG ULEE LHEU UNTUK  
KETENAGALISTRIKAN BANDA ACEH**

1. Ir. Gusmeri , MT
2. Dr. Azhar Amsal, S.Pd, M.Pd
3. Nila Herawati, SE, M.Si
4. Parmakope, SE, MM
5. Eriawati, S.Pd.I.M.Pd
6. Adian Aristia Anas, ST, M.Sc
7. Ir. Fartini
8. Andreansyah
9. Suci Muharrami

**Dilarang mengumumkan, mendistribusikan , mengkomunikasikan, dan/atau menggandakan sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah**

## ABSTRAK

Dengan perkembangan teknologi diikuti dengan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat menyebabkan kebutuhan akan energi juga akan meningkat. Potensi dan prospek energi di Indonesia sangat besar yang namun belum dimaksimalkan secara optimal diantaranya energi alternatif pemanfaatan energi yang alternatif yang dimaksud adalah berupa potensi energi angin. Penelitian ini dilakukan pengukuran data kecepatan angin di gampong Ulee Lheue pada 3 titik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui potensi energi angin di gampong Ulee Lheue. Dari hasil pengukuran kecepatan angin di dapatkan kecepatan angin rata – rata dari 3 titik tersebut selama 30 hari pengukuran secara berurut adalah 2,6 m/s, 2,4 m/s dan 2,6 m/s dengan arah angin terbanyak yaitu Barat laut. Dari hasil perhitungan kecepatan angin pada jam 09:00 – 12:00 yaitu 463,252 watt, 463,252 watt, dan 557,7425 watt, kemudian pada jam 13:00 – 16:00 yaitu 1115,69 watt, 664,28 watt dan 742, 355 watt .

**Kata kunci : kecepatan angin, daya**

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur disampaikan kehadirat Allah SWT dengan rahmat dan karunia-Nya karya ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya yang telah menjadi tauladan bagi sekalian manusia dan alam semesta.

Kami berharap laporan survey “POTENSI ENERGI ANGIN LEPAS PANTAI DI GAMPONG ULEE LHEUE UNTUK KETENAGALISTRIKAN BANDA ACEH“ dapat bermanfaat bagi semua pihak terkait, khususnya dalam pelaksanaan perencanaan program kegiatan pembangunan di Kota Banda Aceh.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan maupun mungkin kesalahan dalam penyusunan laporan ini sehingga penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan dimasa yang akan datang dari seluruh pembaca.

Banda Aceh,     November 2019

Tim Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Energi Terbarukan .....	6
2.2 Potensi Energi Angin.....	6
2.2.1 Kecepatan Angin .....	7
2.2.2 Kecepatan Angin Rata – Rata.....	9
2.2.3 Luaran Daya Turbin Angin.....	11
2.2.4 Data Spesifik.....	11

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Metode Penelitian .....	13
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	13
3.3 Alat dan Bahan .....	14
3.4 Tahap Penelitian .....	15
3.4.1 Tahap Persiapan.....	15
3.4.2 Sumber Data Penelitian .....	15
3.5 Laju Diagram Alir penelitian.....	16
3.6 Jadwal pelaksanaan Penelitian .....	20
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	21
4.2 Kecepatan Angin .....	32
4.3 Daya .....	38
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>44</b>
5.1 Kesimpulan.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian d Gampong Ulee Lheue, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh .....	14
Gamabar 3.2 Alat Anemometer .....	14
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	17
Lampiran .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Standar Emisi untuk Pembangkit Listrik .....	1
Tabel 1.2 Potensi Energi Terbarukan Nasional.....	2
Tabel 2.1 Potensi Energi Angin dan Lokasi Potensi.....	6
Tabel 2.2 Tiangkat Keecepatan Angin Menurut Beaufort.....	7
Tabel 2.3 Kecepatan Angin Rata – Rata Kota Banda Aceh.....	10
Tabel 3.1 Koordinat Pengambilan Sampel.....	13
Tabel 3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	20
Tabel 4.1 Pengukuran Kecepatan Angin.....	21
Tabel 4.2 Daya Angin .....	25
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Potensi Daya Listrik .....	37

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Kecepatan Angin Rata - rata.....	24
Grafik 4.2 Daya Angin.....	26
Grafik 4.3 Kecepatan Angin Bulan November .....	32
Grafik 4.4 Kecepatan Angin Jam (09:00 – 12:00 .....	32
Grafik 4.5 Kecepatan Angin Bulan Oktober.....	33
Grafik 4.6 Kecepatan Angin Jam (09:00 – 12:00) .....	33
Grafik 4.7 Kecepatan Angin Jam (13:00 – 14:00).....	34
Grafik 4.8 Kecepatan Angin Jam (15:00 – 16:00).....	34
Grafik 4.9 Kecepatan Angin Bulan November .....	35
Grafik 4.10 Kecepatan Angin Jam (09:00 – 12:00) .....	35
Grafik 4.11 Kecepatan Angin Jam (13:00 -14:00).....	36
Grafik 4.12 Kecepatan Angin Jam (15:00 – 16:00).....	36
Grafik 4.13 Daya Bulan September .....	38
Grafik 4.14 Daya Jam (09:00 – 12:00) .....	38
Grafik 4.15 Daya Bulan Oktober .....	39
Grafik 4.16 Daya Jam (09:00 – 12:00) .....	39
Grafik 4.17 Daya Jam (13:00 – 14:00) .....	40
Grafik 4.18 Daya Jam (15:00 – 16:00) .....	40
Grafik 4.19 Daya Bulan November .....	41
Grafik 4.20 Daya Jam (09:00 – 12:00) .....	41

Grafik 4.21 Daya Jam (13:00 – 14:00) .....	42
Grafik 4.22 Daya Jam (15:00 – 16:00) .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengukuran Angin di Lokasi .....	44
Lampiran 2 Lokasi Pengujian .....	45
Lampiran 3 Data Kecepatan Angin BMKG.....	56

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Dengan perkembangan teknologi diikuti dengan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat menyebabkan kebutuhan energi juga akan meningkat, di zaman dengan terus berkembang nya teknologi pemakaian energi bersumber dari fosil sudah tidak efektif dikarenakan menimbulkan berbagai dampak. Lebih dari 82 % pemakaian energi bersumber dari fosil atau minyak bumi (Alimuddin, Daud, Sam, & Patabang, 2005), mengingat dimana sumber energi fosil akan habis atau tidak dapat terbarukan, potensi dan prospek energi di Indonesia sangat besar yang namun belum dimaksimalkan diantara energi alternatif yang dimaksud berupa potensi diantaranya berupa memanfaatkan energi matahari, energi gelombang, energi panas dan energi angin dan lain sebagainya (Alimuddin et al., 2005). Dampak dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil sendiri dapat meningkatkan emisi SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO<sub>2</sub> yang dimana dalam hal ini telah ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP. 13/MENLH/3/1995 tentang Standar Emisi untuk Pembangkit Listrik dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Standar Emisi untuk Pembangkit Listrik

Parameter	Batas Maksimum (mg/ml)	
	Berlaku 1995	Berlaku 2000
Total Partikel	300	150
Sulfur Dioxida	1500	750
Nitrogen Oksida	1700	850
Optimalisasi	40	20

Sumber : (Budiastra, Giriantari, Artawijaya, & Partha, 2009)

Terdapat beberapa dampak dari bahan bakar fosil ini yaitu dampak langsung dan tidak langsung. Dampak langsung yaitu a) Pencemaran lingkungan akibat buangan dan sisa industri yang dapat mencemari udara dan air tanah, b) Kebisingan secara berkelanjutan, c) Wilayah menjadi tidak layak pemukiman, d) Estetika daerah industri yang kurang baik, Dampak tidak langsung yaitu a) Urbanisasi, b) Perubahan nilai dan sosial budaya (Budiastra, Giriantari, Artawijaya, & Partha, 2009). Kebutuhan energi Kota Banda Aceh yaitu sekitar 763.556.209 Kwh dan baru terpenuhi sekitar 84.000 Kw di tahun 2018. Menurut (Imam Agung, 2013) terdapat energi alternatif sangat menjanjikan namun belum dapat dimaksimalkan, beberapa faktornya yaitu investasi dan modal yang besar, komponen yang masih harus di import dari luar negeri, terbatasnya studi dan penelitian yang dilakukan, daya saing yang lemah dari energi fosil dan kelangsungan akan ketersediaan energi yang masih rendah. Berikut tabel tabel 1.2 Potensi Energi Terbarukan Nasional.

Tabel 1.2. Potensi Energi Terbarukan Nasional.

No	Jenis	Sumber Daya	Setara	Pemanfaatan	Kapasitas Terpasang
1	Air	854,00 jt BOE	75,67 GW	6.851,00 GWh	4.200,00 MW
2	Panas Bumi	219,00 jt BOE	27,00 GW	2.953,50 GWh	800,00 MW
3	Mini/Mikro Hydro		458,75 GW		84,00 MW
4	Biomassa		49,81 GW		302,40 MW
5	Tenaga Surya		4,80 kWh/m <sup>2</sup> /hr		8,00 MW
6	Tenaga Angin		9,29 GW		0,50 MW
7	Uranium (Nuklir)	24.112 Ton*			

		e.q.3 GW (utk 11 th)			
--	--	-------------------------	--	--	--

Sumber : (Imam Agung, 2013)

Gampong Ulee Lheue terletak di Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Gampong ini terletak pada koordinat gampong Ulee Lheue 5° 33' 14'' N dan 95° 18' 23'' E (Google earth) yang dimana lokasi tersebut dekat dengan pantai. Batas wilayah Gampong Ulee Lheue adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Selat Malaka
- Sebelah Selatan : Kecamatan Jaya Baru
- Sebelah Barat : Kecamatan Jaya Baru
- Sebelah Timur : Kecamatan Baiturrahman

Sumber energi terbarukan ini sangat diharapkan dalam memecahkan masalah ketersediaan energi. Alternatif energi angin merupakan sumber energi yang potensial untuk dikembangkan selain memperoleh sumber energi yang ramah lingkungan juga didukung oleh kondisi geografis dari gampong Ulee Lheue yang terletak pada pinggir pantai. Menurut (P Dida, Suparman, & Widhiyanuriyawan, 2017) karena Indonesia bergeografis pada garis katulistiwa sehingga menyebabkan perbedaan tekanan udara dan letak wilayah nya yang 70 % adalah perairan yang dapat diasumsikan berpotensi untuk dikembangkan pemanfaatan energi angin untuk ketenagalistrikan. Selain itu juga memiliki manfaat biaya yang murah, serta inovasi dalam mengembangkan tipe baru sesuai dengan kondisi di lapangan serta dapat mengurangi emisi gas buang di udara (Pryor & Barthelmie, 2010).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi energi angin di Gampong Ulee Lheue, Banda Aceh dalam memaksimalkan energi terbarukan yang akan dioptimalkan untuk ketenagalistrikan Banda Aceh?
2. Bagaimana karakter kecepatan angin harian dan bulanan di pesisir pantai Ulee Lheue?
3. Bagaimana potensi PLTB di Banda Aceh yang bersumber dari energi angin di pantai Ulee Lheue untuk Kebutuhan Listrik Kota Banda Aceh?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan potensi energi angin di Gampong Ulee Lheue, Banda Aceh dalam memaksimalkan energi terbaaruan yang akan dioptimalkan untuk ketenagalistrikan Banda Aceh.
2. Mengetahui karakter kecepatan angin harian di pesisir pantai Ulee Lheue.
3. Menjelaskan potensi PLTB di Banda Aceh yang bersumber dari energi angin di pantai Ulee Lheue untuk Kebutuhan Listrik Kota Banda Aceh.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan masyarakat Kota Banda Aceh dapat memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi listrik.
2. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan penyedia energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan desain turbin angin lepas pantai di Provinsi Aceh.

### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mencakup survey perhitungan kecepatan angin.
2. Pengambilan sampel pada ketinggian 2 meter dengan jarak 1 meter dari pesisir pantai.
3. Metode penelitian dengan pengambilan data pada 3 titik dengan waktu berbeda yaitu pagi (09:00 – 12:00), siang (13:00 – 14:00) dan sore (15:00 – 16:00), dengan mempertimbangkan kondisi di lapangan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Energi Terbarukan

Total energi angin yang dapat diakses mendekati 10 juta MW yang dapat menyediakan 35% dari total permintaan dunia. Kapasitas energi angin terpasang global mencapai 432 gigawatt (GW) pada akhir tahun 2015. pemasangan pada tahun 2014 telah melampaui 50 GW yang merupakan kenaikan tajam dibandingkan dengan 2013 sekitar 35,6 GW. Menurut laporan GWEC, Cina berhasil memojokkan 45% dari pasar tahunan dengan 23 GW instalasi pada 2014. Cina memimpin pasar saat ini dengan total kapasitas terpasang 114 GW. AS dan Jerman adalah pasar terkemuka kedua dan ketiga dengan total pemasangan masing-masing 65 dan 39 GW. Diperkirakan bahwa pada akhir tahun 2019 kapasitas terpasang kumulatif akan mencapai 666 GW (Fazelpour, Markarian, & Soltani, 2017).

#### 2.2. Potensi Energi Angin

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi energi listrik alami yang begitu besar, salah satunya adalah angin. Kecepatan angin rata – rata yang tersebar di wilayah Banda Aceh adalah 4,9 m/s (Fachri dan Hendrayana, 2017).

Tabel 2.1. Potensi Energi Angin dan Lokasi Potensi (LAPAN, 2008).

Kelas	Kec. Angin (m/s)	Daya Spesifik (W/m <sup>2</sup> )	Kapasitas (kW)
Skala Kecil	2,5-4,0	<75	s/d 10
Skala Menengah	4,0-5,0	75-150	10-100
Skala Besar	>5,0	>150	>100

### 2.2.1. Kecepatan Angin

Syarat dan kondisi kecepatan angin dapat diukur dengan alat pengukur kecepatan dan arah angin. Selain dengan alat pengukur dapat juga diukur atau diperkirakan menggunakan tabel Skala Beaufort. Berikut tingkatan kecepatan angin menurut tabel skala Beaufort.

Tabel 2.2 Tingkat Kecepatan Angin Menurut Beaufort

Skala Beaufort	Kategori	Satuan dalam km/jam	Satuan dalam knots	Keadaan di daratan	Keadaan di lautan
0	Udara Tenang	0	0	Asap bergerak secara vertikal	Permukaan laut seperti kaca
1-3	Angin lemah	$\leq 19$	$\leq 10$	Angin terasa di wajah, daun-daun berdesir, kincir angin bergerak oleh angin	Riuk kecil terbentuk namun tidak pecah, permukaan tetap seperti kaca
4	Angin sedang	20-29	11-19	Mengangkat debu dan menerbangkan kertas, cabang pohon kecil bergerak	Ombak kecil mulai memanjang, garis-garis buih sering terbentuk
5	Angin segar	30-39	17-21	Pohon kecil berayun, gelombang kecil terbentuk di perairan di darat	Ombak ukuran sedang, buih berarak-arak
6	Angin kuat	40-50	22-27	Cabang besar bergerak, siulan terdengar pada kabel telepon, payung sulit digunakan	Ombak besar mulai terbentuk, buih tipis melebar dari puncaknya, kadang-kadang timbul percikan

7	Angin ribut	51-62	28-33	Pohon-pohon bergerak, terasa sulit berjalan melawan arah angin	Laut mulai bergolak, buih putih mulai terbawa angin dan membentuk alur-alur sesuai arah angin
8	Angin ribut sedang	63-75	34-40	Ranting-ranting patah, semakin sulit bergerak	Gelombang agak tinggi dan lebih panjang, puncak gelombang yang panjang mulai bergulung, buih yang terbesar anginnya semakin jelas alur-alurnya
9	Angin ribut kuat	76-87	41-47	Kerusakan bangunan mulai muncul, atap rumah lepas, cabang yang lebih besar patah	Gelombang tinggi terbentuk bulu tebal berlajur-lajur, puncak gelombang roboh bergulung-gulung, percik-percik air mulai mengganggu penglihatan
10	Badai	88-102	48-55	Jarang terjadi di daratan, pohon-pohon tercabut, kerusakan bangunan yang cukup parah	Gelombang sangat tinggi dengan puncak memayungi, buih yang ditimbulkan membentuk tampal-tampal buih raksasa yang didorong angin, seluruh permukaan laut memutih, gulungan ombak

					menjadi dasyat, penglihatan terganggu
11	Badai kuat	103-117	56-63	Sangat jarang terjadi kerusakan yang menyebar luas	Gelombang amat sangat tinggi (kapal-kapal kecil dan sedang terganggu pandangan karenanya). Permukaan laut tertutup penuh tampal-tampal putih buih larena seluruh puncak gelombang menghamburkan buih yang terdorong angin, penglihatan terganggu
12+		<sup>3</sup> 118	<sup>3</sup> 64	Sangat jarang terjadi, kerusakan yang menyebar luas	Udara tertutup penuh oleh buih dan percik air, permukaan laut memuruh penuh oleh percik-percik air yang terhanyut angin penglihatan amat sangat terganggu

Sumber : (Fachri dan Hendrayana, 2017)

### 2.2.2. Kecepatan Angin Rata – Rata

Kecepatan rata – rata angin dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad \dots(2.1)$$

Dimana:

$\bar{v}$  = kecepatan angin rata-rata (m/s)

$v_i$  = kecepatan angin yang terukur (m/s)

$t_i$  = lama angin bertiup dengan kecepatan  $v_i$

$n$  = banyak data pengukuran

Dengan mengetahui variasi harian dari kecepatan angin, dapat diketahui saat-saat dimana angin bertiup kencang dalam satu hari, sehingga dapat digunakan untuk menentukan berapa jam per hari energi angin di daerah tersebut dapat menggunakan penggerak turbin angin. Kecepatan angin rata – rata Kota Banda Aceh diperoleh dari Buku Kota Banda Aceh dalam Angka 2018.

Tabel 2.3. Kecepatan Angin Rata-Rata Kota Banda Aceh.

<b>Bulan</b>	<b>Arah Angin Terbanyak</b>	<b>Kecepatan Angin Rata-rata</b>
Januari	130/SE	3,3
Februari	130/SE	4,4
Maret	130/SE	3,6
April	130/SE	3,3
Mei	130/SE	3,3
Juni	180/S	3,8
Juli	180/S	5,3
Agustus	130/SE	4,1
September	130/SE	3,5
Oktober	130/SE	4,0
November	130/SE	3,3
Desember	130/SE	2,9

Sumber : Kota Banda Aceh Dalam Angka 2018

Untuk mendapatkan distribusi angin perlu dilakukan analisa kecepatan angin dalam jangka waktu minimal satu tahun. Data kecepatan angin dapat diambil dari

pengukuran yang telah dilakukan oleh stasiun BMKG. Di daerah Aceh Besar terdapat dua stasiun BMKG yaitu terletak di Indrapuri dan Blang Bintang. Observasi yang telah dilakukan pada penelitian ini akan berdasarkan data kecepatan angin dan kelembaban udara di sekitar pantai Ulee Lheue yang akan diperoleh dari BMKG Indrapuri.

### 2.2.3. Luaran Daya Turbin Angin

Menurut Djodjodiharjo dan Jans Peter (1983), daya suatu angin yang dihasilkan pada suatu lokasi dipengaruhi oleh karakteristik angin di lokasi tersebut dan karakteristik dari turbin angin yang digunakan. Selain itu, karakteristik lanskap suatu wilayah juga berpengaruh. Turbin angin yang dipasang harus memperhatikan karakteristik sebagai berikut:

- a) Kecepatan *cut in*, yaitu kecepatan awal yang ditentukan agar turbin angin mulai mampu menghasilkan daya listrik, namun, turbin angin tidak akan menghasilkan daya listrik jika kecepatan angin tidak dapat mencapai ketentuan nilai kecepatan *cut in* yang dibutuhkan. Parameter untuk kecepatan *cut in* adalah  $0,7 \times \bar{v}$ .
- b) Kecepatan nominal, yaitu nilai kecepatan yang dapat diterima oleh turbin angin telah melampaui batas dari nilai kecepatan *cut in*. Parameter untuk kecepatan nominal adalah  $1,5 \times \bar{v}$  sampai  $2 \times \bar{v}$ .
- c) Kecepatan *shutdown*, yaitu kecepatan angin tiba-tiba menjadi lebih besar dari kecepatan nominal yang dapat diterima pada rotor turbin angin, sehingga mekanisme *shutdown* dilaksanakan guna mencegah terjadinya kerusakan pada turbin angin. Parameter untuk kecepatan *shutdown* adalah  $3 \times \bar{v}$  atau lebih.

### 2.2.4. Daya Spesifik

Menurut Douglas C. Giancoli (1998), energi angin merupakan energi dengan suatu yang bergerak dengan kecepatan dan memiliki massa, dimana massa, kecepatan dan energi adalah sebanding. Persamaan energi kinetik dapat digunakan dalam penentuan nilai potensi energi angin ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$E = 0,5 . m . v^2 \quad \dots (2.2)$$

dimana:

$E$  = energi angina (Joule)

$m$  = massa udara (kg)

$v$  = kecepatan angin (m/s)

dan massa udara dapat ditentukan dengan persamaan:

$$m = \rho \times v$$

dimana:

$\rho$  = massa jenis (densitas) udara (kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = volume udara (m<sup>3</sup>)

Jika data kecepatan angin tersedia untuk beberapa lokasi, densitas daya angin rata-rata dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\bar{P}}{A} = \frac{1}{2} \rho \bar{U}^3 K_e \quad \dots (2.3)$$

$$K_e = \frac{1}{N \bar{U}^3 \sum_{i=1}^N U_i^3} \quad \dots (2.4)$$

Dimana:

$\bar{U}$  = Kecepatan angin tahunan rata – rata

$K_e$  = Faktor *pattern* Energi

$N$  = jumlah jam dalam setahun

$\bar{p}$  = Daya turbin angin rata – rata

$$P_w(U) = \frac{1}{2} \rho A C_p \eta U^e \quad \dots (2.5)$$

Dimana:

$C_p$  = Koefisien daya rotor

$\eta$  = Efisiensi rotor

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian yang digunakan adalah menggunakan jenis kuantitatif dengan pengolahan data dan pendekatan deskriptif. Penelitian ini dilakukan dengan menggambarkan kondisi angin di lepas Ulee Lheu yang akan dikonversi menjadi energi listrik, kelayakannya, keberlanjutannya, dan potensinya menurunkan emisi gas buang CO<sub>2</sub>.

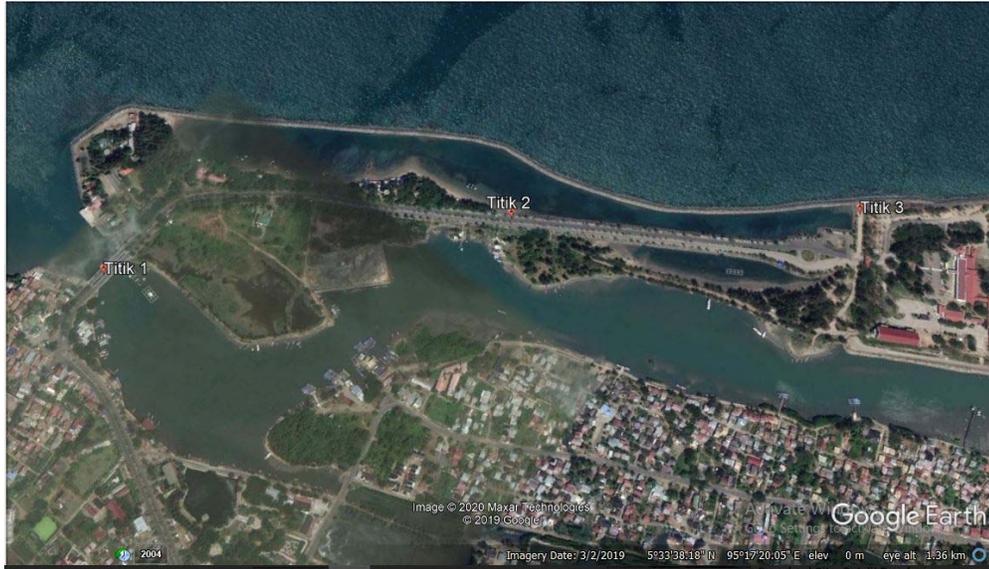
#### 3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan. Lokasi penelitian ini dilakukan di lepas pantai Ulee Lheu, Gampong Ulee Lheu, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Pemilihan lokasi ini dikarenakan tidak jauh dari pemukiman warga yang berjarak sekitar 1 km dari pantai. Pantai Ulee Lheue memiliki luas lahan secara keseluruhan sebesar 21 ha dengan lahan 5,24 ha digunakan sebagai tempat rekreasi, kemudian untuk sampel akan dianalisis. Adapun koordinat masing – masing titik sampel yang diambil dapat dilihat pada Tabel.3.1.

Tabel 3.1 Koordinat pengambilan sampel.

No	Koordinat		Sampel	Radius (m)
	X	Y		
1	5°33'25.22"N	95°17'3.42"E	Titik sampel angin 1	200
2	5°33'41.25"N	95°17'18.26"E	Titik sampel angin 2	200
3	5°33'53.32"N	95°17'32.70"E	Titik sampel angin 3	200

Sumber: Google Earth Pro 2019



Gambar 3.1. Lokasi penelitian di Gampong Ulee Lheue, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh (Sumber: Google Earth Pro, 2019).

### 3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan yaitu anemometer, merupakan alat yang berfungsi mengukur kecepatan angin.



Gambar 3.2 Alat Anemometer

### **3.4. Tahap Penelitian**

#### **3.4.1. Tahap persiapan**

Tahapan persiapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Studi literatur**  
Kegiatan ini diawali dengan mempelajari beberapa literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan studi potensi angin untuk pembangkit tenaga listrik. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan arahan dan wawasan sehingga mempermudah dalam proses pengumpulan data, analisis data, serta dalam penyusunan laporan.
  
- **Survei awal (observasi lapangan)**  
Observasi lapangan ini bertujuan untuk mengamati secara langsung kondisi eksisting dan kecepatan angin yang terdapat di lokasi penelitian, yaitu lepas pantai Ulee Lheu.

#### **3.4.2. Sumber Data Penelitian**

Untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan maka diperlukan beberapa data. Data terdiri dari data primer dan data sekunder.

- **Data Primer**  
Data primer yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:
  - i. Kecepatan angin setiap harinya; dan
  - ii. Suhu udara di pantai Ulee Lheu setiap harinya.
  
- **Data Sekunder**  
Data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut:
  - i. Peta *lay out* pantai Ulee Lheu;
  - ii. Data kecepatan angin BMKG Aceh Besar.

**c. Pengambilan Sampel**

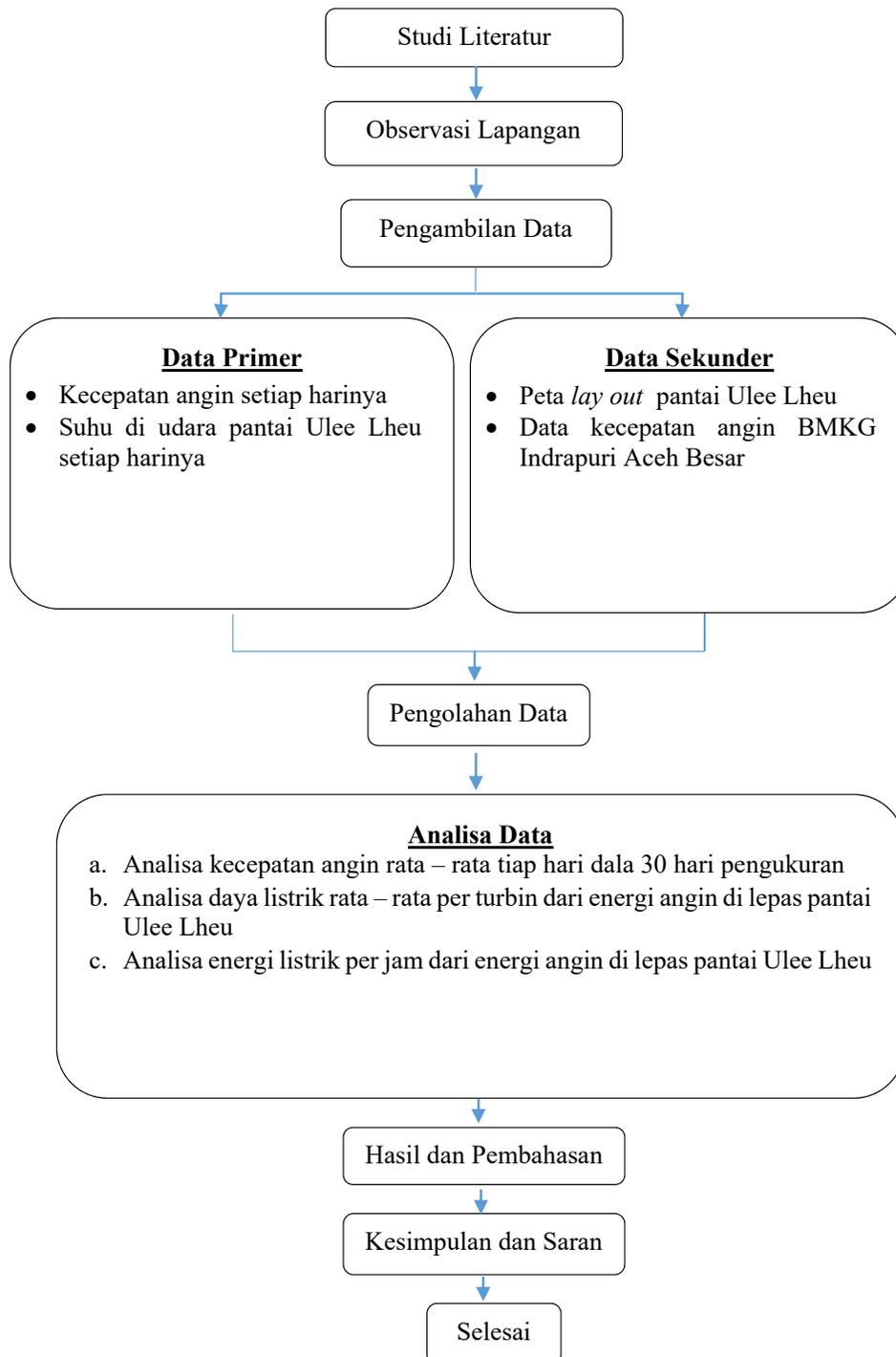
Sampel kecepatan angin per jam diambil satu kali yang terdiri dari 3 (tiga) titik sampel.

**d. Analisis Data**

Setelah mendapatkan data yang diperlukan, yaitu data primer berupa kecepatan angin setiap harinya dan data kelembaban udara di pantai Ulee Lheu dan data sekunder berupa peta *lay out* pantai Ulee Lheu, menganalisa kecepatan angin rata – rata tiap hari dalam setahun, menganalisa daya listrik rata – rata per turbin dari energi angin di pantai Ulee Lheu, kemudian menganalisa energi listrik per tahun dari energi angin di pantai Ulee Lheu. Analisa dilakukan dengan mengkaitkan kondisi *eksisting*.

**3.5 Laju Diagram Alir Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan seperti studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data sampai analisa penurunan gas emisi CO<sub>2</sub> di Kota Banda Aceh karena PLTB di pantai Ulee Lheu yang lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.

1. Studi literatur

Tahap penelitian ini dimulai dengan mencari literatur melalui artikel, buku dan jurnal internasional mengenai pembangkit listrik tenaga angin serta mempelajari secara umum maupun khusus tentang pembangkit listrik tenaga angin, terkhususkan pada terbin angin.

2. Pengukuran kecepatan angin

Pengukuran kecepatan angin setiap jam di pantai Ulee Lheu akan dilakukan dengan menggunakan alat ukur anemometer. Dalam waktu 1 hari akan diambil data kecepatan angin pada 3 (tiga) titik sampel titik dengan waktu berbeda yaitu pagi (09:00 – 10:00), siang (13:00 – 14:00) dan sore (15:00 – 16:00). Selanjutnya, data kecepatan angin rata – rata setiap bulan dalam 1 (satu) tahun di lokasi tersebut juga akan diperoleh dari BMKG Indrapuri.

3. Pengukuran kelembaban udara

Data kelembaban udara diperoleh dari BMKG Indrapuri, data kelembaban udara rata – rata setiap bulan dalam 1 (satu) tahun di lokasi tersebut juga akan diperoleh dari BMKG Indrapuri.

4. Prediksi kebutuhan energi listrik Kota Banda Aceh 2019 – 2028

Diperoleh data penduduk Kota Banda Aceh dari BPS (Badan Pusat Statistik), kemudian data PRDB Kota Banda Aceh serta data pengusaha energi listrik per sektor dari PLN Kota Banda Aceh. Data tersebut diolah untuk di prediksi kebutuhan energi listrik.

5. Analisa kecepatan angin rata – rata tiap hari dalam setahun

Kecepatan angin rata-rata Kota Banda Aceh diperoleh dari BMKG Indrapuri, data yang diperoleh merupakan data kecepatan angin dalam kurun waktu 5 (lima) tahun dalam setiap bulan.

6. Analisa daya listrik rata – rata per turbin dari energi angin di pantai Ulee Lheu

Potensi daya angin sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \times cp \times \rho \times v^3 \times A \dots(\text{watt})$$

Dimana:

P = Daya efektif yang dihasilkan (watt)

cp = Koefisien daya (58% = 0,58)

V = Kecepatan angin (m/s)

A = Luas sapuan sudu turbin angin = luas lingkaran (m<sup>2</sup>)  
( $\pi r^2$ , dengan asumsi 2 m)

$\rho$  = Kerapatan udara (kg/m<sup>3</sup>)

7. Analisa energi listrik per tahun dari energi angin di pantai Ulee Lheu  
Energi angin selama 24 jam adalah :

$$Ea = p \times \text{hour} \dots \text{Wh (watthour)}$$



## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Penelitian

Hasil pengukuran kecepatan angin di lapangan menggunakan alat anemometer, pengukuran dilakukan selama 1 bulan pengukuran. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengukuran Kecepatan Angin

No	Tanggal	Suhu	Jam	kecepatan angin		
		(°C)	(WIB)	titik 1	titik 2	titik 3
				(m/s)		
1	28-Sep-19	26,7	11:00-12:00	0	0	1,1
2	29-Sep-19	31,6	11:00-12:00	0,8	1,3	0,8
3	30-Sep-19	30,7	11:00-12:00	2,1	2,7	3,2
4	01-Oct-19	31,1	11:00-12:00	2,1	2,7	3,1
2	02-Oct-19	32,9	11:00-12:00	3	2,7	3,5
3	03-Oct-19	30	11:00-12:00	4,7	2,8	5
7	04-Oct-19	31,2	11:00-12:00	3,3	4,7	4,5
8	24-Oct-19	29	13:00-14:00	3,7	3,4	3,3

9	25-Oct-19	26,9	09:00-10:00	2,5	2,2	2,1
			13:00-14:00	1,6	1,7	0,5
			15:00-16:00	0,5	0,7	2,1
10	26-Oct-19	29,2	09:00-10:00	2,7	2,4	2,7
			13:00-14:00	4,8	5,9	4,5
			15:00-16:00	4,2	5,3	1,7
11	27-Oct-19	27	09:00-10:00	1,8	2,7	4,8
			13:00-14:00	1,8	3,3	2,3
			15:00-16:00	4,1	0,6	1,1
12	28-Oct-19	29,7	09:00-10:00	1,7	2	2,4
			13:00-14:00	2,5	1,9	3,1
13	29-Oct-19	28	09:00-10:00	2,6	1,4	1,8
			13:00-14:00	3,1	6,1	5,7
			15:00-16:00	5,3	4,4	5,5
14	30-Oct-19	31,2	09:00-10:00	3,9	2,2	3
			13:00-14:00	2,6	3,5	4
			15:00-16:00	6,3	3,1	2,9
15	31-Oct-19	33,4	09:00-10:00	2,4	1,7	2
16	15-Nov-19	31,5	09:00-10:00	2	1,9	1,4
			13:00-14:00	1	3,3	3,4
			15:00-16:00	2,7	2,7	1,6
17	16-Nov-19	30,1	09:00-10:00	2,5	0,9	2
			13:00-14:00	2,2	3	3
			15:00-16:00	3,2	3,5	5,3
18	17-Nov-19	31,5	09:00-10:00	1,1	1,9	2,4
			13:00-14:00	1,4	3,5	3,4
			15:00-16:00	3	2,8	3,3
19	18-Nov-19	32,1	09:00-10:00	1,9	1,4	2
			13:00-14:00	1,3	1,6	1,4
			15:00-16:00	2,6	2	1,7
20	19-Nov-19	29,7	09:00-10:00	3,1	2,4	1,6
			13:00-14:00	2,8	4,2	3
			15:00-16:00	2,4	1,8	2,2
21	20-Nov-19	31,8	09:00-10:00	4,2	2	2,5
			13:00-14:00	2,9	5,6	2,9
			15:00-16:00	2	3,8	3,2

22	21-Nov-19	33,9	09:00-10:00	1,7	2	2
23	22-Nov-19	25,8	09:00-10:00	3,2	1,6	3,3
			13:00-14:00	4,4	4,5	2,5
			15:00-16:00	4	2,5	2,8
24	23-Nov-19	27,2	09:00-10:00	3,7	1,7	1,1
			13:00-14:00	4,7	2,1	1
			15:00-16:00	3,7	2	3,6
25	24-Nov-19	31,2	09:00-10:00	2	1,4	1
			13:00-14:00	2,5	2	1
			15:00-16:00	1,7	3,6	2,5
26	25-Nov-19	32,4	09:00-10:00	1,3	1,2	2,6
			13:00-14:00	3	2	1,7
			15:00-16:00	2	1,5	2,4
27	26-Nov-19	27,4	09:00-10:00	2,4	1,2	1,4
			13:00-14:00	4,6	3,5	3,3
			15:00-16:00	4,1	3,9	3,4
28	27-Nov-19	27,4	09:00-10:00	1,8	1,7	2,6
			13:00-14:00	3	1,4	2,7
			15:00-16:00	3,2	2,7	1,3
29	28-Nov-19	28,6	09:00-10:00	2,2	1,4	2
30	29-Nov-19	28,8	09:00-10:00	2,5	1,4	2,6
			13:00-14:00	3,3	1,3	2
			15:00-16:00	4,3	1,1	3,3

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa rata – rata untuk Kecepatan angin rata – rata di gampong Ulee Lheue adalah pada bulan november berurutan yaitu 1 m/s, 1,3 m/s dan 1,7 m/s, bulan oktober yaitu 2,2 m/s, 2 m/s, dan 2,2 m/s, dan bulan november yaitu 2,7 m/s, 2,3 m/s dan 2,4 m/s serta potensi kecepatan angin optimum terdapat pada titik 1. Dalam proses pengukuran terjadi beberapa kali terhitung dalam 30 hari pengukuran terdapat beberapa kali hujan, oleh karena itu akan mempengaruhi pengukuran di lapangan. Kecepatan angin terbanyak adalah Barat Laut. Menurut data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Aceh Besar (BMKG) yang merupakan data rekap tahunan selama 5 tahun yaitu dari tahun

2008 – 2018, yaitu arah angin dominan ke arah tenggara dengan kecepatan rata – rata 4 knot hingga 6 knot atau 2 m/s hingga 3 m/s.



Grafik 4.1 Kec. Angin Rata – Rata

Sumber : BMKG Aceh Besar

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa kecepatan angin rata – rata yang tercatat di BMKG berkisar 4 knot atau 2,06 m/s. sehingga dari grafik 4.1 di dapatkan daya angin sebagai berikut.

- Daya

Sehingga daya angin dapat dihitung sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \times cp \times \rho \times v^3 \times A \dots(\text{watt})$$

Dimana:

P = Daya efektif yang dihasilkan (watt)

cp = Koefisien daya (58% = 0,58)

V = Kecepatan angin (m/s)

A = Luas sapuan sudu turbin angin = luas lingkaran (m<sup>2</sup>)

( $\pi r^2$ , dengan asumsi 2 m)

$\rho$  = Kerapatan udara (kg/m<sup>3</sup>)

Sehingga :

$$P = \frac{1}{2} \times 0,58 \times 1,225 \text{ kg/m}^3 \times (2,06 \text{ m/s})^3 \times (3,14 \times (2 \text{ m})^2) = 38,87 \text{ watt}$$

Dan energi angin selama 24 jam adalah :

$$Ea = p \times \text{hour} \dots \text{Wh (watthour)}$$

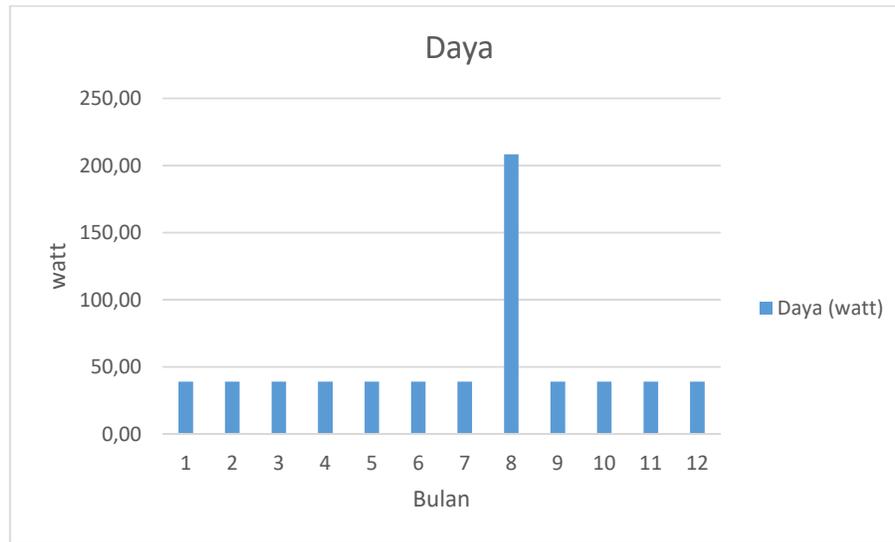
$$Ea = 38,87 \text{ watt} \times 24 \text{ jam} = 932,88 \text{ Wh (watthour)}$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Daya Angin

No	Bulan	Kecepatan Angin		$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp	Daya	Ea
		knot	m/s			watt	
1	Januari	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
2	Febuari	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
3	Maret	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
4	april	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
5	mei	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
6	Juni	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
7	Juli	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
8	Agustus	7	3,60	1,225	0,58	208,3191	4999,658
9	September	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
10	Oktober	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
11	November	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
12	Desember	4	2,06	1,225	0,58	38,87003	932,8808
rata-rata		4,25	2,19				

Dari tabel 4.2 didapatkan hasil perhitungan daya angin 38,87 watt per bulan, namun pada bulan agustus daya angin 208,32 watt, atau 932,8 Wh (watthour), dan apada bulan agustus 4999,66 Wh (watthour). Dapat dilihat pada grafik 4.1 daya angin.



Grafik 4.2 Daya Angin

Dari data kecepatan angin pada tabel 4.1 dapat diperhitungkan Energi listrik yang dapat dibangkitkan sebagai berikut:

Menurut (DEWI, 2010) dalam teori Momentum Elemenar Betz ia mengansumsikan satu turbin mempunyai sudu-sudu yang tak hingga jumlahnya dan tanpa hambatan dan mengansumsikan bahwa kecepatan aliran di depan dan di belakang rotor memiliki kecepatan seragam (aliran laminar). Sehingga faktor daya ( $C_p$ ) maksimum yang dapat dihasilkan sebesar 0,593 atau sekitar 60% daya angin yang dapat dikonversikan menjadi daya mekanik. Dari rumus diatas dapat dilihat perhitungan energi listrik yang dapat dihasilkan, sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil perhitungan potensi daya listrik

No	Tanggal	Suhu (°C)	Jam (WIB)	Kecepatan Angin			$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp	Daya		
				Titik 1	Titik 2	Titik 3			Titik 1	Titik 2	Titik 3
				(m/s)			(watt)				
1	28-Sep-19	26,7	11:00-12:00	0	0	1,1	1,225	0,58	0	0	5,93884
2	29-Sep-19	31,6	11:00-12:00	0,8	1,3	0,8	1,225	0,58	2,28451	9,80288	2,28451
3	30-Sep-19	30,7	11:00-12:00	2,1	2,7	3,2	1,225	0,58	41,322	87,8244	146,209
4	01-Oct-19	31,1	11:00-12:00	2,1	2,7	3,1	1,225	0,58	41,322	87,8244	132,926
5	02-Oct-19	32,9	11:00-12:00	3	2,7	3,5	1,225	0,58	120,472	87,8244	191,306



12	28-Oct-19	29,7	15:00-16:00	4,1	0,6	1,1	1,225	0,58	307,5214	0,963779	5,938842
			09:00-10:00	1,7	2	2,4	1,225	0,58	21,92151	35,69552	61,68186
			13:00-14:00	2,5	1,9	3,1	1,225	0,58	69,71781	30,60445	132,9257
13	29-Oct-19	28	09:00-10:00	2,6	1,4	1,8	1,225	0,58	78,42306	12,24356	26,02203
			13:00-14:00	3,1	6,1	5,7	1,225	0,58	132,9257	1012,776	826,3201
			15:00-16:00	5,3	4,4	5,5	1,225	0,58	664,2802	380,0859	742,3553
14	30-Oct-19	31,2	09:00-10:00	3,9	2,2	3	1,225	0,58	264,6778	47,51074	120,4724
			13:00-14:00	2,6	3,5	4	1,225	0,58	78,42306	191,3057	285,5642
			15:00-16:00	6,3	3,1	2,9	1,225	0,58	1115,695	132,9257	108,8223
15	31-Oct-19	33,4	09:00-10:00	2,4	1,7	2	1,225	0,58	61,6819	21,9215	35,6955
16	15-Nov-19	31,5	09:00-10:00	2	1,9	1,4	1,225	0,58	35,69552	30,60445	12,24356
			13:00-14:00	1	3,3	3,4	1,225	0,58	4,46194	160,3487	175,3721
			15:00-16:00	2,7	2,7	1,6	1,225	0,58	87,82437	87,82437	18,27611
17	16-Nov-19	30,1	09:00-10:00	2,5	0,9	2	1,225	0,58	69,71781	3,252754	35,69552
			13:00-14:00	2,2	3	3	1,225	0,58	47,51074	120,4724	120,4724
			15:00-16:00	3,2	3,5	5,3	1,225	0,58	146,2088	191,3057	664,2802
18	17-Nov-19	31,5	09:00-10:00	1,1	1,9	2,4	1,225	0,58	6,61056	30,60445	61,68186
			13:00-14:00	1,4	3,5	3,4	1,225	0,58	12,24356	191,3057	175,3721

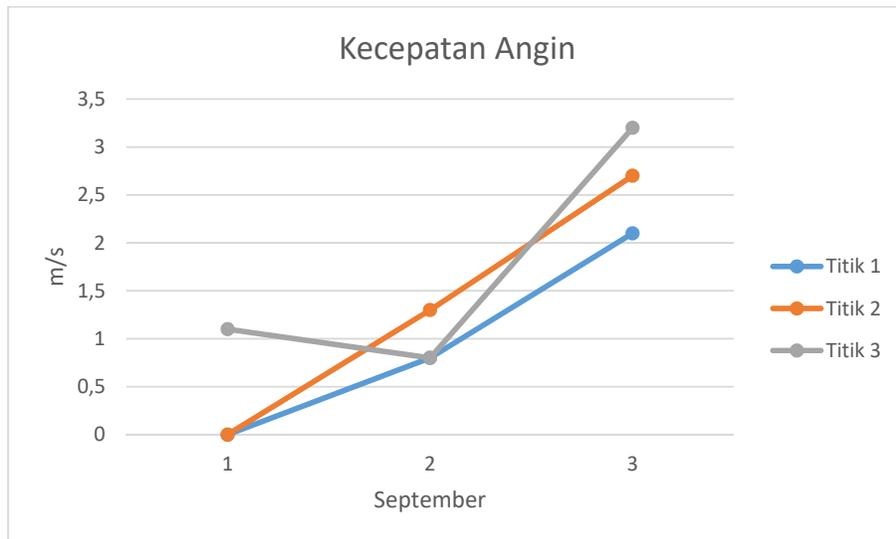




## 4.2. Kecepatan Angin

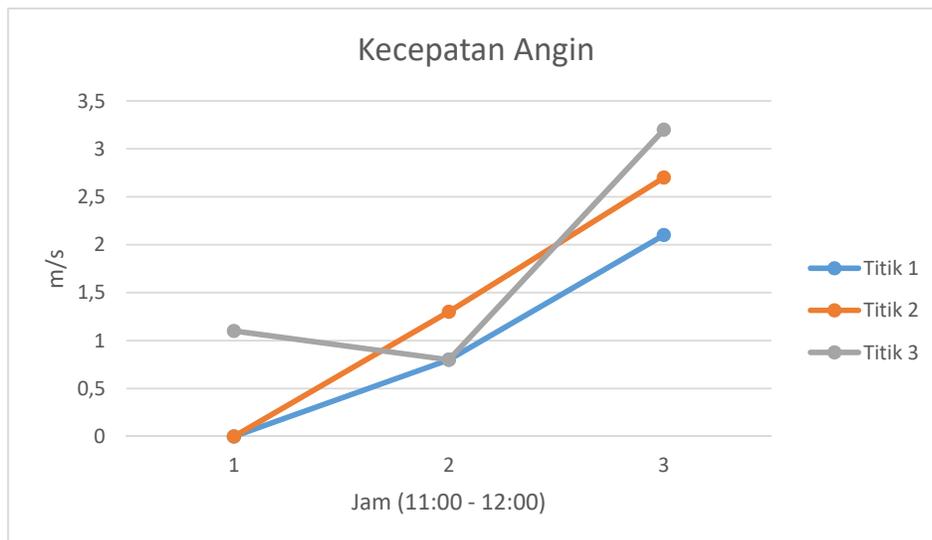
Hasil pengukuran kecepatan angin selama 30 hari pengukuran didapatkan kecepatan angin rata – rata yaitu 2,6 m/s, 2,4 m/s dan 2,6 m/s.

- Bulan September



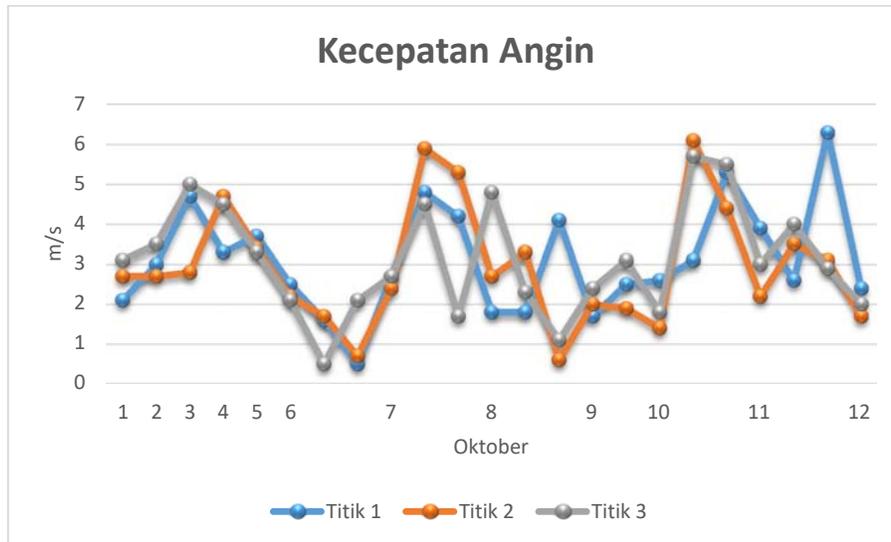
Grafik 4.3 kecepatan angin bulan september

Kecepatan angin jam 09:00 – 12:00



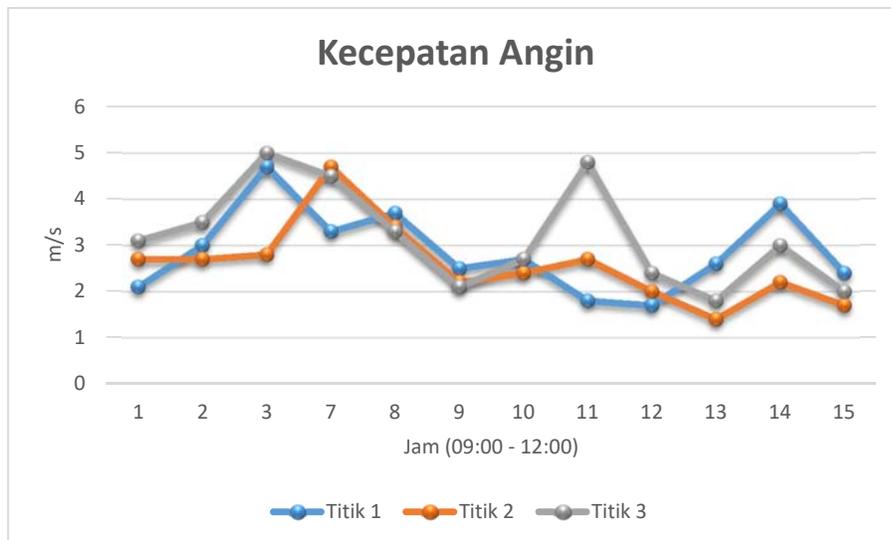
Grafik 4.4 kecepatan angin jam (09:00 – 12:00)

- Bulan Oktober



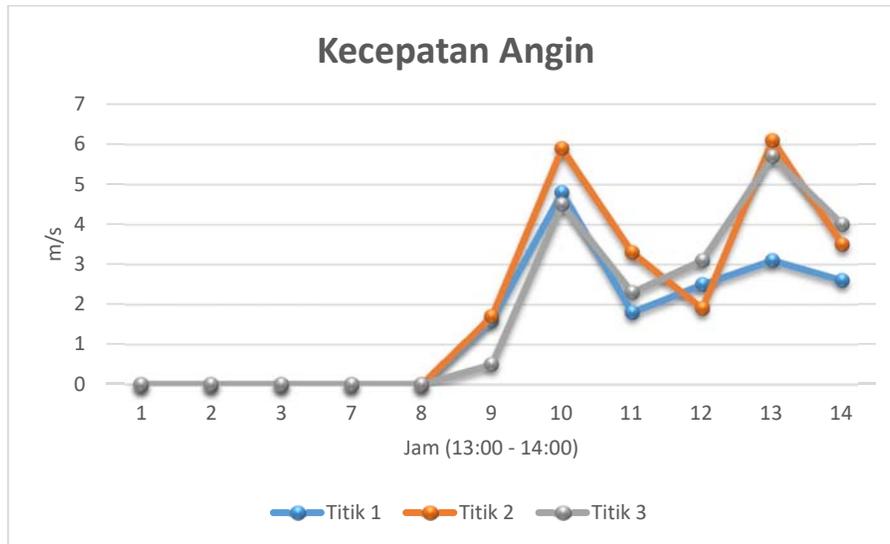
Grafik 4.5 kecepatan angin bulan oktober

Pengukuran jam (09:00-12:00)



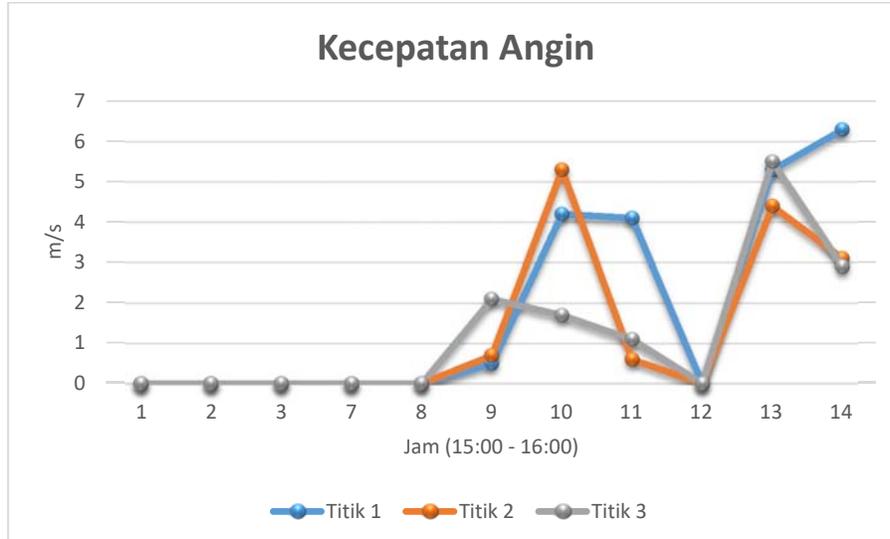
Grafik 4.6 kecepatan angin jam (09:00 – 12:00)

Pengukuran jam (13:00-14:00)



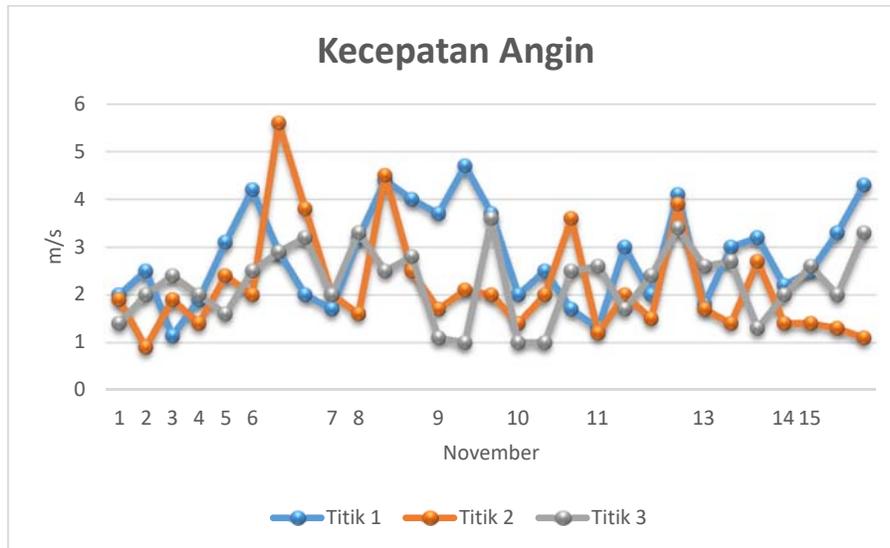
Grafik 4.7 kecepatan angin jam (13:00 – 14:00)

Pengukuran jam (15:00 – 16:00)



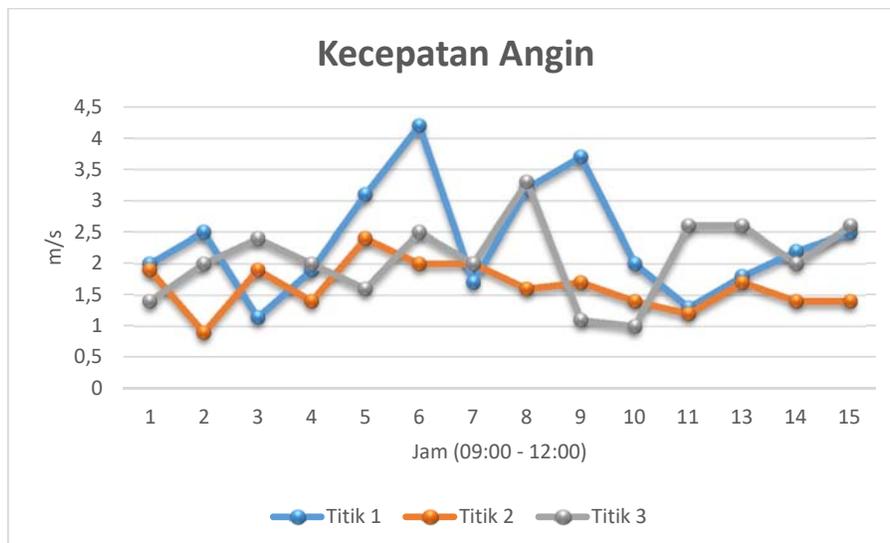
Grafik 4.8 Kecepatan angin jam (15:00 – 16:00)

- Bulan November



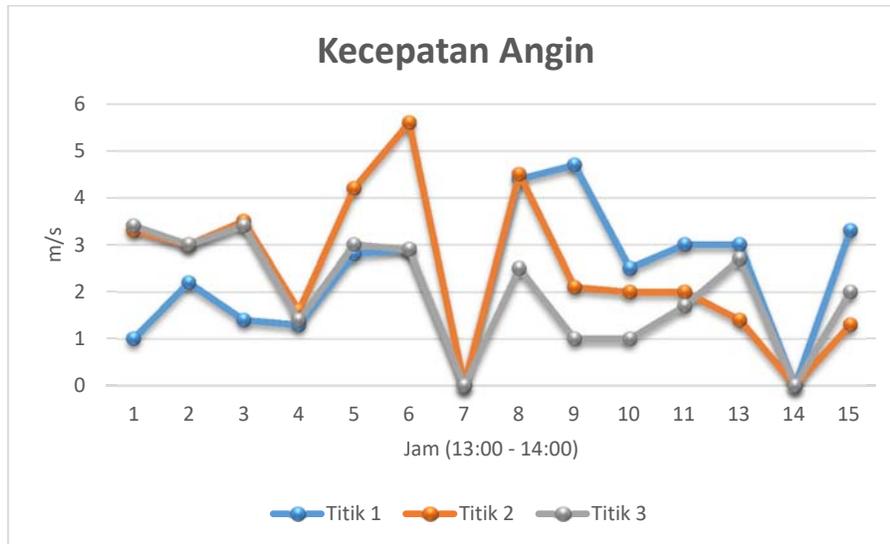
Grafik 4.9 kecepatan angin bulan november

Pengukuran jam (09:00 – 12:00)



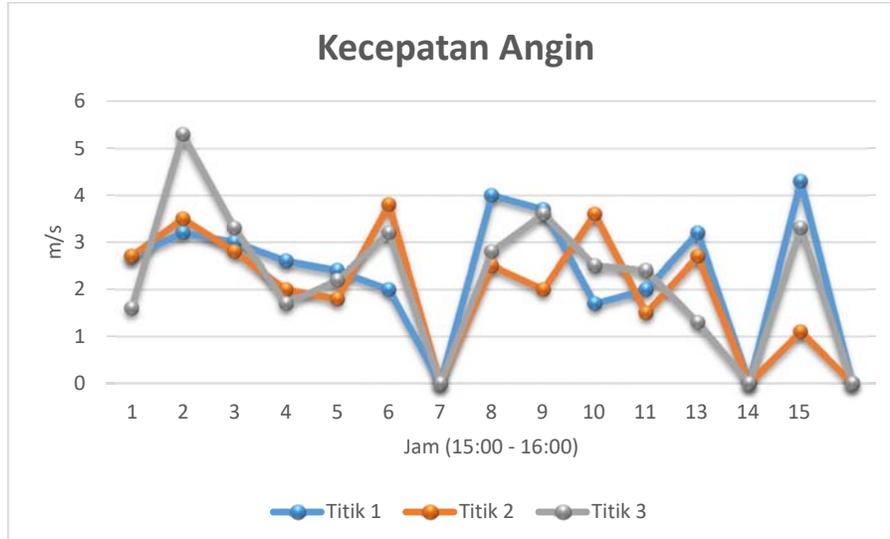
Grafik 4.10 kecepatan angin jam (09:00 – 12:00)

Pengukuran jam (13:00 – 14:00)



Grafik 4.11 kecepatan angin jam (13:00 -14:00)

Pengukuran jam (15:00 – 16:00)



Grafik 4.12 kecepatan angin jam (15:00 – 16:00)

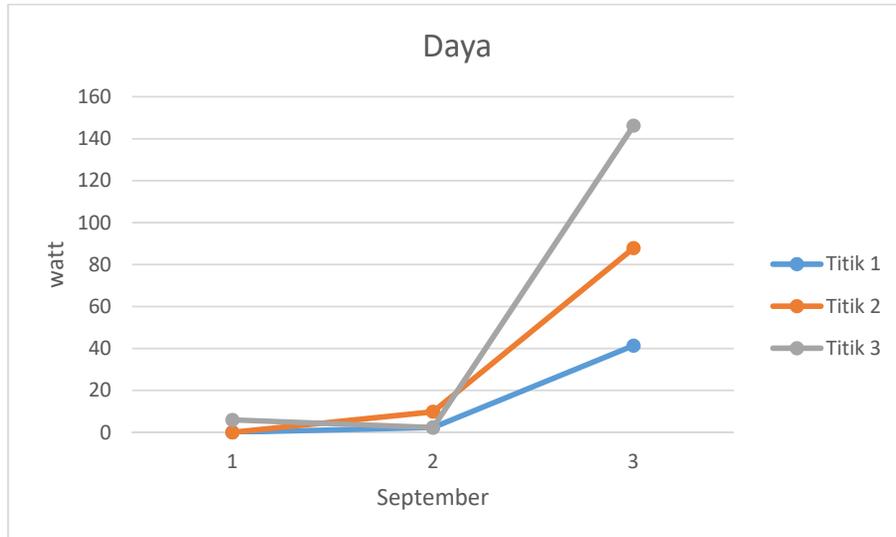
Dalam proses pengukuran kecepatan angin dipengaruhi oleh kondisi di lapangan berupa kondisi cuaca yang berubah – ubah, suhu, serta ketinggian, ketinggian pengukuran yaitu 2 m dengan jarak 1 meter dari pesisir pantai.

Pengukuran dilakukan dengan 3 waktu berbeda yaitu pagi, siang dan sore, dengan pagi jam 09:00 – 12:00, siang jam 13:00 – 14:00, dan sore jam 15:00 – 16:00.

Dari grafik – grafik di atas didapatkan kecepatan angin dapat menyentuh 5 hingga 6 m/s. Pada bulan september pengukuran kecepatan angin dalam kurun waktu jam 09:00 – 12:00 didapatkan kecepatan angin menyentuh 3 m/s dalam proses pengukuran suhu udara mencapai 26,7 °C dengan kondisi cuaca mendung. Kemudian pada bulan oktober kecepatan angin dapat menyentuh 6 m/s, pada proses pengukuran jam 09:00 – 12:00 kecepatan angin dapat menyentuh 5 m/s dengan suhu udara rata – rata 29 °C dalam proses pengukuran mengalami beberapa perubahan cuaca seperti beberapa kali terjadi hujan. Selanjutnya pada pengukuran jam (13:00 – 14:00) dapat menyentuh 6 m/s begitu juga pada pengukuran jam 15:00 – 16:00 dimana pada kondisi pengukuran dalam kurun waktu tersebut kondisi cuaca pasca hujan serta cuaca berawan. Pada bulan november kecepatan angin yang didapatkan tidak jauh berbeda, kecepatan angin terukur menyentuh 5 m/s, kondisi cuaca pada proses pengukuran juga terjadi hujan serta berawan, hal ini juga disebabkan pada bulan september hingga november telah memasuki musim penghujan. Dapat dilihat dari 3 waktu pengukuran kecepatan angin pada waktu pagi kecil dan mulai meningkat menjelang sore hal ini disebabkan oleh tekanan udara yang berubah akibat dari pemanasan permukaan bumi oleh matahari. Dari pengukuran tersebut juga dapat dibandingkan bahwa titik yang potensial dengan kecepatan angin besar, jika dilihat pada grafik pengukuran titik 1 menunjukkan kecepatan angin selama 30 hari pengukuran hampir selalu menyentuh 3 m/s hingga 6 m/s.

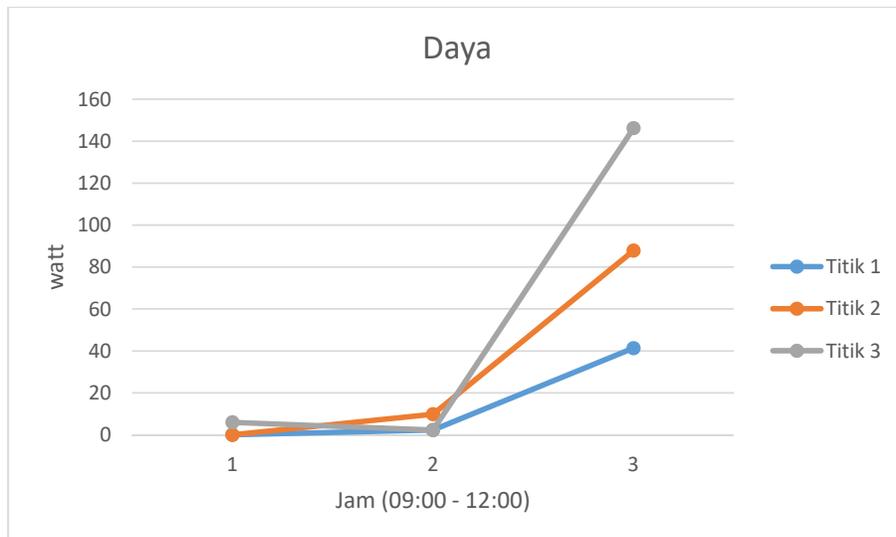
### 4.3. Daya

- Daya Bulan September



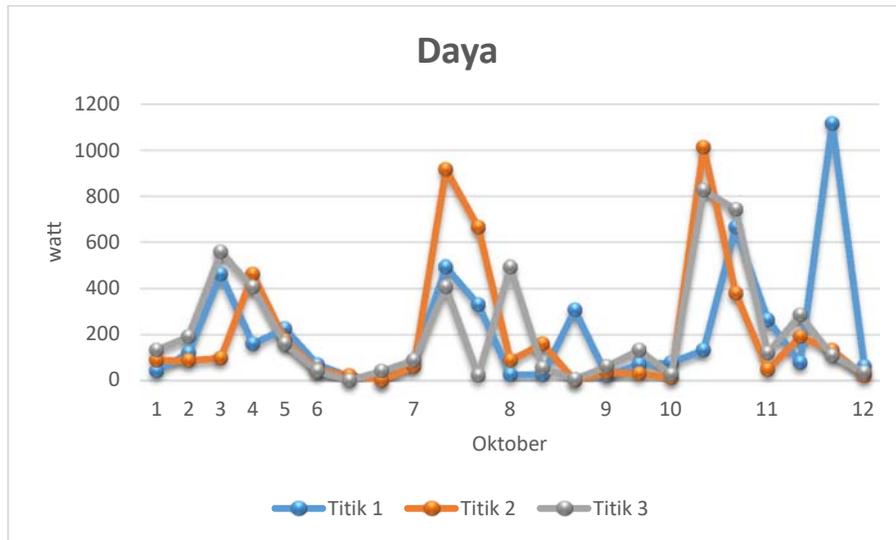
Grafik 4.13 daya bulan September

### Daya jam (09:00 – 12:00)



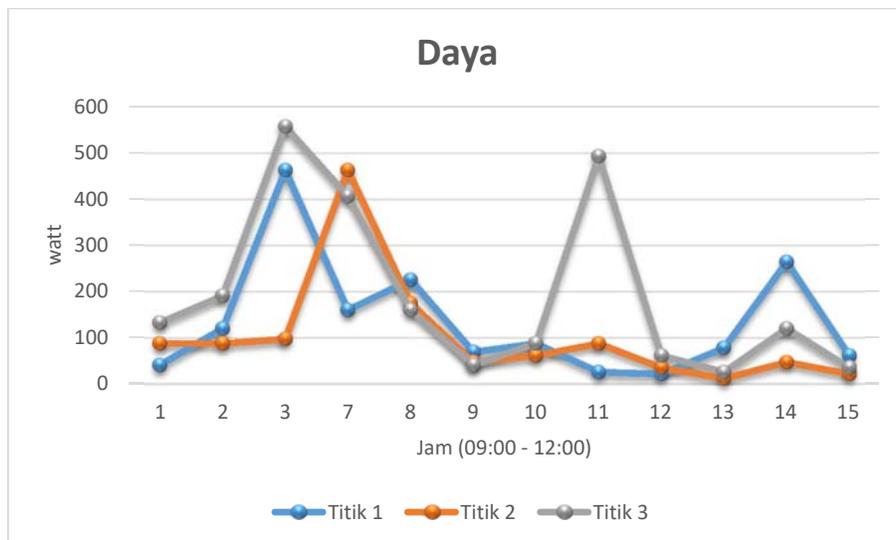
Grafik 4.14 daya jam (09:00 – 12:00)

- Daya Bulan Oktober



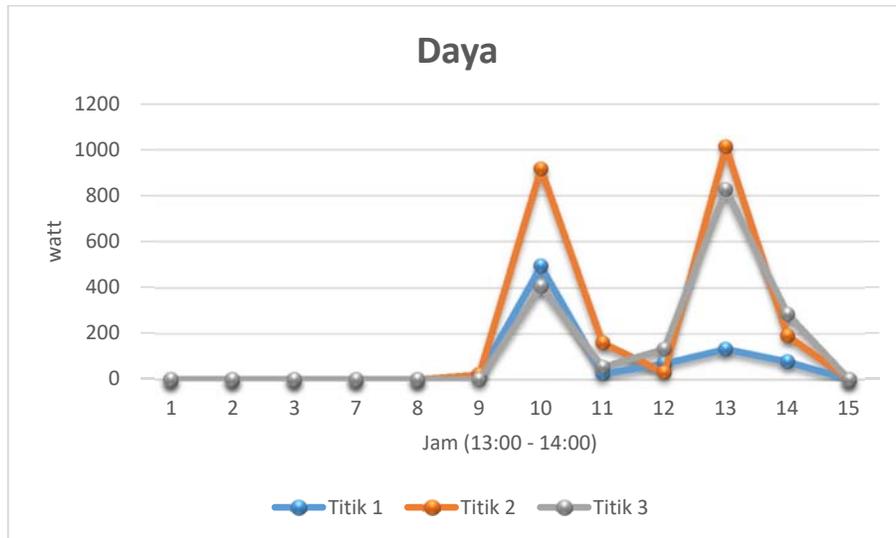
Grafik 4.15 daya bulan oktober

Daya jam (09:00 – 12:00)



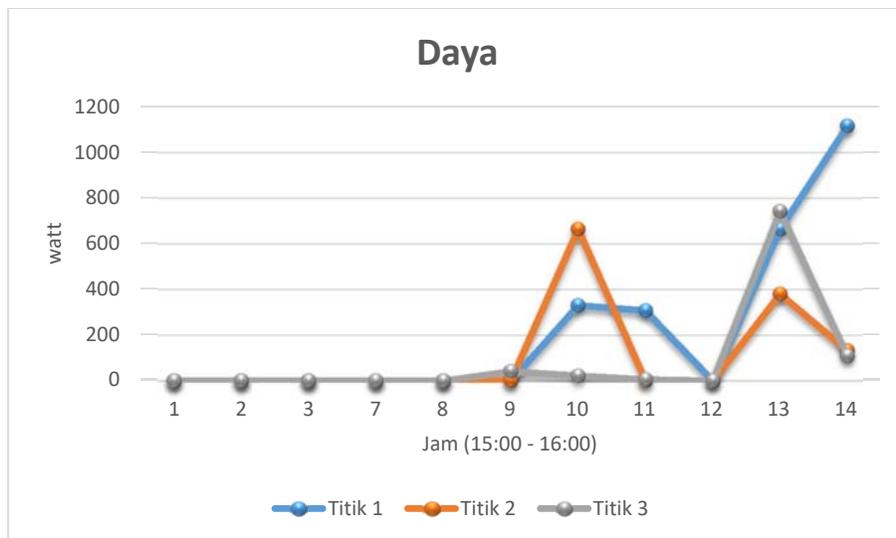
Grafik 4.16 daya jam (09:00 – 12:00)

Daya jam (13:00 – 14:00)



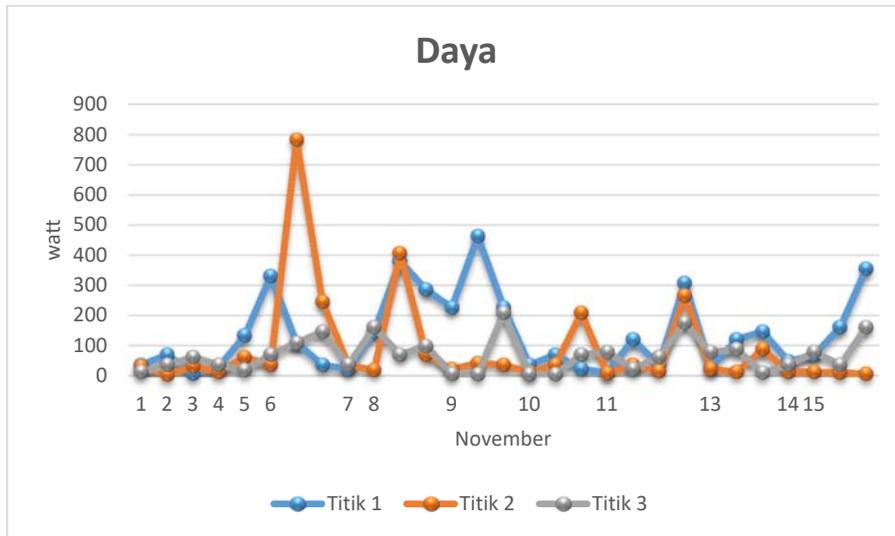
Grafik 4.17 daya jam (13:00 – 14:00)

Daya jam (15:00 – 16:00)



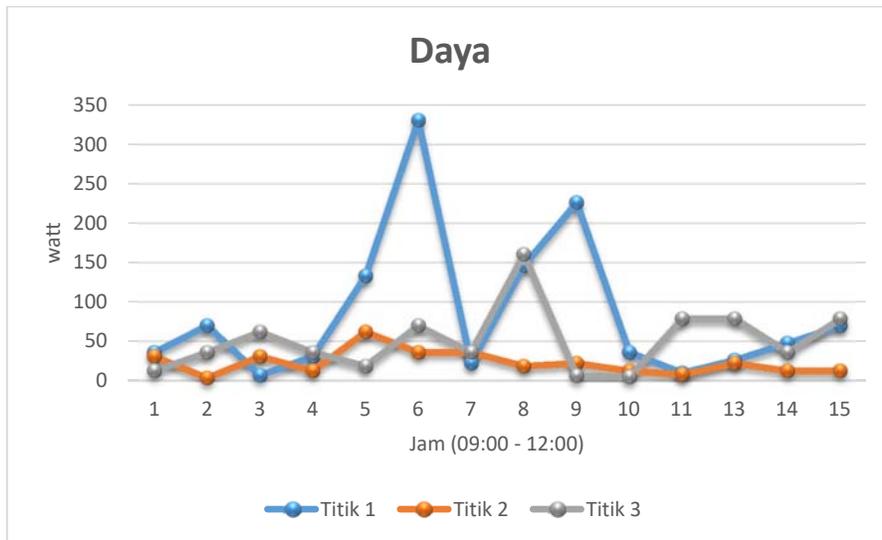
Grafik 4.18 daya jam (15:00 – 16:00)

- Daya Bulan November



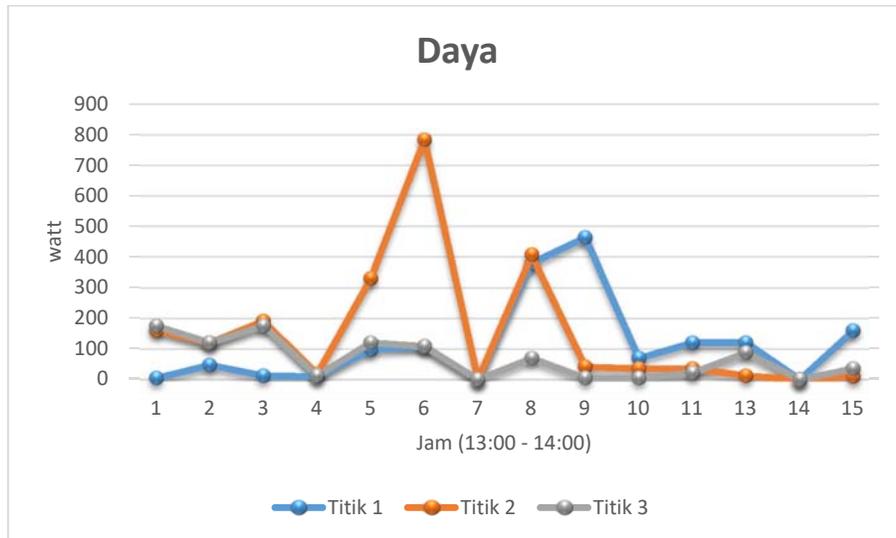
Grafik 4.19 daya bulan november

Daya jam (09:00 – 12:00)



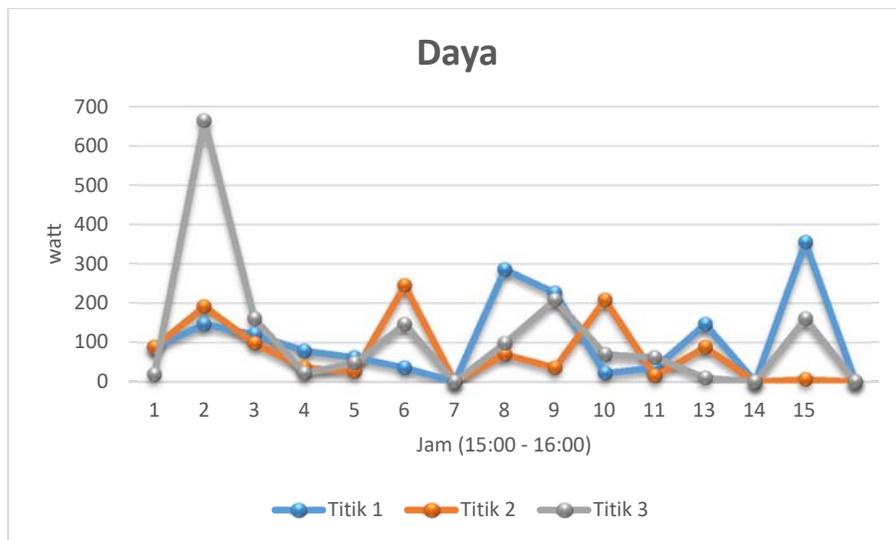
Grafik 4.20 daya jam (09:00 – 12:00)

Daya jam (13:00 – 14:00)



Grafik 4.21 daya jam (13:00 – 14:00)

Daya jam (15:00 – 16:00)



Grafik 4.22 daya jam (15:00 – 16:00)

Dari grafik di atas perhitungan didapatkan bahwa potensi daya dari bulan september hingga november tidak jauh berbeda, namun dapat dilihat pula potensi daya terbesar terjadi pada sore hari yaitu dapat menyentuh 1000 watt dari 30 hari pengukuran. Dari ketiga titik tersebut potensi daya yang terbesar terdapat pada titik 1 yang

dimana dari 30 hari pengukuran pada titik 1 menunjukkan potensi daya yang lebih besar dibandingkan dengan titik 2 dan titik 3, hal ini disebabkan oleh kecepatan angin pada titik 1 lebih optimal dibandingkan pada titik 2 dan titik 3. Oleh sebab itu penulis lebih menyarankan untuk memaksimalkan potensi daya pada titik 1 walaupun dengan potensi daya yang dihasilkan tidak besar namun dapat juga dioptimalkan energi tersebut untuk kebutuhan fasilitas umum seperti lampu jalan dan sebagainya.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Kecepatan angin rata – rata di gampong Ulee Lheue adalah pada bulan november berurutan yaitu 1 m/s, 1,3 m/s dan 1,7 m/s, bulan oktober yaitu 2,2 m/s, 2 m/s, dan 2,2 m/s, dan bulan november yaitu 2,7 m/s, 2,3 m/s dan 2,4 m/s serta potensi kecepatan angin optimum terdapat pada titik 1, dengan arah angin yang berubah - ubah dan kecepatan angin terbanyak yaitu Barat Laut.
2. Potensi daya selama 30 hari pengukuran dapat menyentuh 1000 watt, pada titik 1, daya tergolong kecil.
3. Potensi daya yang dihasilkan tidak besar namun dapat dioptimalkan energi tersebut untuk kebutuhan fasilitas umum seperti lampu jalan dan sebagainya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agamuthu, P., Fauziah, S.H., Khidzir, M.K., & Aiza, A.N. (2007). *Sustainable waste management - Asian perspectives*. Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 5–715.
- Alimuddin, S., Daud, P., Sam, A., & Patabang, D. (2005). *Studi Potensi Energi Angin di Kota Palu untuk Membangkitkan Energi Listrik*. Jurnal SMARTek, 3(1), 21–26. Retrieved from <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/336>
- Arota, A. S., Kolibu, H., & Lumi, B. (2013). *Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin Dan Matahari) Menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewables (HOMER)*. Jurnal Mipa Unsrat Online, 2(2), 145–150.
- Budiastra, I. N., Giriantari, I. D., Artawijaya, W., & Partha, C. I. (2009). *Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Nusa Penida Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan*. Bumi Lestari, 9(2), 263–267.
- Fazelpour, F., Markarian, E., & Soltani, N. (2017). *Wind energy potential and economic assessment of four locations in Sistan and Balouchestan province in Iran*. Renewable Energy, 109(2017), 646–667. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.072>
- Imam Agung, A. (2013). *Potensi Sumber Energi Alternatif dalam Mendukung Kelistrikan Nasional*. Jurnal Pendidikan Teknik Elektro, 2(2), 892–897. Retrieved from <http://tools.ietf.org/html/rfc2131>
- P Dida, H., Suparman, S., & Widhiyanuriyawan, D. (2017). *Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat*. Jurnal Rekayasa Mesin, 7(2), 95–101. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2016.007.02.7>

Pryor, S. C., & Barthelmie, R. J. (2010). *Climate change impacts on wind energy: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(1), 430–437.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.028>

Wenehenubun, F., Saputra, A., & Sutanto, H. (2015). *An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades*. *Energy Procedia*, *68*, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.03.259>

### LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengukuran Angin Di Lokasi



Lampiran 2 Lokasi pengukuran



1.1 Titik uji 1



1.2 Titik uji 2



1.3 Titik uji 3

## Lampiran 3 Data Kecepatan Angin BMKG



Nomor : UM.501/042/KACB/XI/2019

Indrapuri, 12 November 2019

Lampiran : -

Perihal : Informasiarah dan kecepatan angin  
 Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda  
 Dan Stasiun Klimatologi Aceh Besar

Kepada

Yth. Andreansyah  
 di Tempat

Memenuhi surat permintaan bapak/ibuperihal permohonan data klimatologi dengan nomor: B-465/Un.08/TL/PP.00.9/10/2019, dengan ini kami sampaikan Informasi iklim berupa data arah dan kecepatan angin dari Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda tahun 2014 – 2018 dan Stasiun Klimatologi Aceh Besar adalah sebagai berikut:

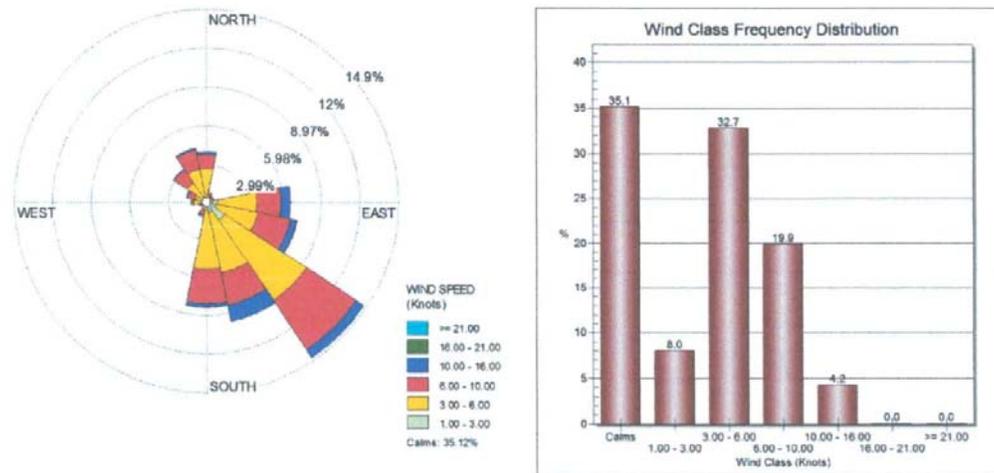
#### A. Pendahuluan

Angin merupakan udara yang bergerak akibat dari adanya perbedaan tekanan udara antara satu daerah dengan daerah yang lain. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun secara vertikal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Angin selalu bergerak dari tempat yang memiliki tekanan udara tinggi ke tempat yang tekanan udaranya lebih rendah. Variasi arah dan kecepatan angin dapat terjadi jika angin bergeser dengan permukaan yang licin (smooth).

Posisi Geografis Indonesia yang strategis yang terletak di daerah tropis, diantara Benua Asia dan Australia, diantara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia serta dilalui garis khatulistiwa terdiri dari pulau dan kepulauan yang membujur dari barat ke timur, terdapat banyak selat dan teluk menyebabkan wilayah Indonesia rentan terhadap fenomena perubahan cuaca/iklim. Sementara kondisi topografi wilayah Indonesia yang memiliki daerah pegunungan, daerah lembah serta banyak pantai merupakan topografi lokal yang menambah beragamnya kondisi iklim di wilayah Indonesia. Provinsi Aceh yang terletak dibagian barat Indonesia dipengaruhi oleh kondisi/ faktor global, regional, dan lokal. Pengaruh adanya Dipole Mode Index (DMI), Monsun, El Nino dan La Nina, serta munculnya siklon tropis perlu dipertimbangkan dalam analisis cuaca atau iklim sehingga diperlukan adanya data real hasil pengamatan untuk mendukung hal tersebut.

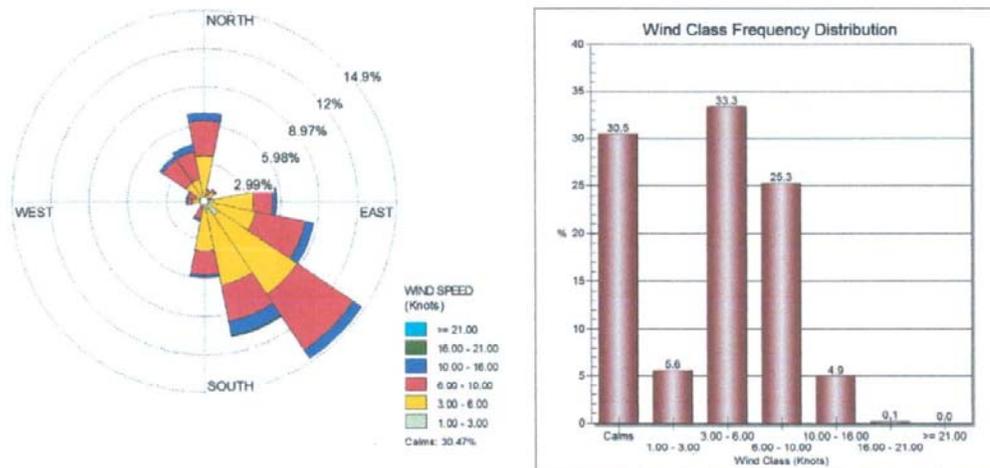
## B. Informasi Angin

### 1. Stasiun Klimatologi Aceh Besar



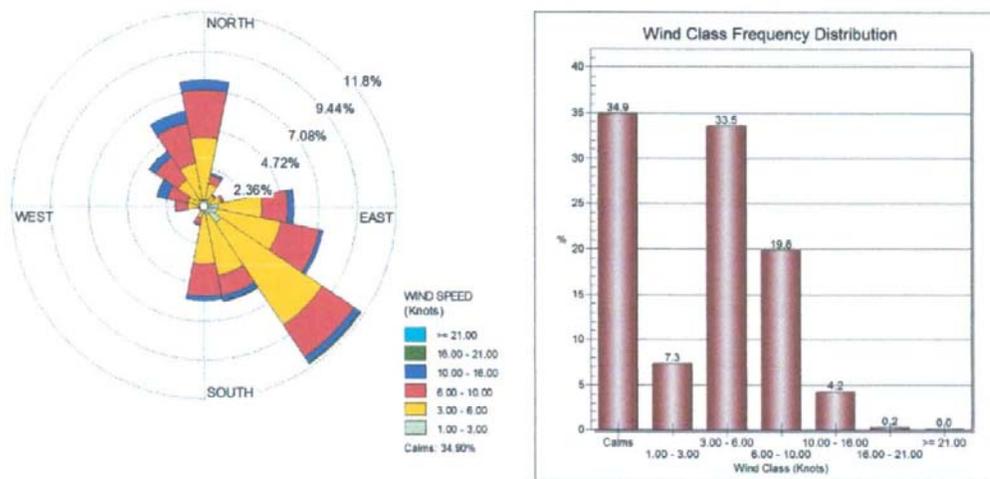
Gambar 1. Windrose dan Wind Class Frequency Distribution bulan Januari

Terlihat pada gambar 1 bahwa pada bulan Januari angin dominan dari arah tenggara ( $123.75^{\circ} - 146.25^{\circ}$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 338 kali. Tidak ada kejadian angin kencang berdasarkan data kecepatan angin bulan Januari tahun 2008 – 2018.



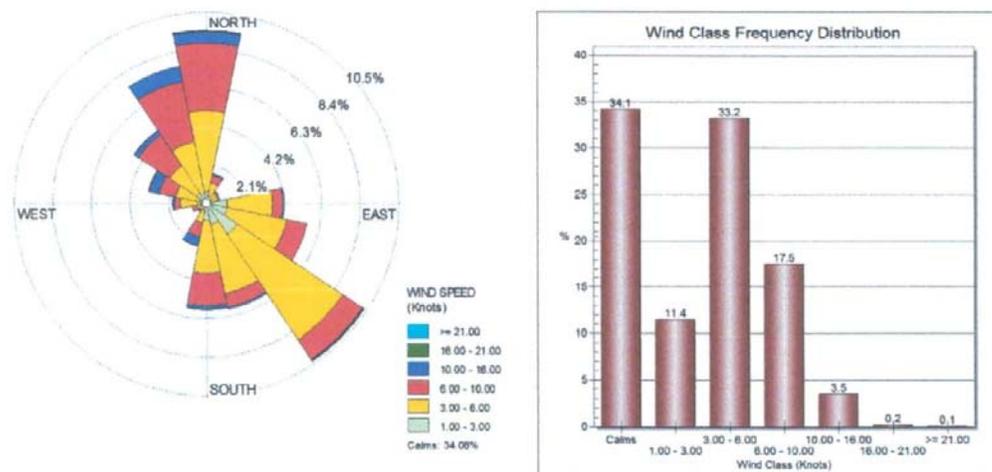
Gambar 2. Windrose dan Wind Class Frequency Distribution bulan Februari

Terlihat pada gambar 2 bahwa pada bulan Februari angin dominan dari arah tenggara ( $123.75^{\circ} - 146.25^{\circ}$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 295 kali. Tidak ada kejadian angin kencang berdasarkan data kecepatan angin bulan Februari tahun 2008 – 2018.



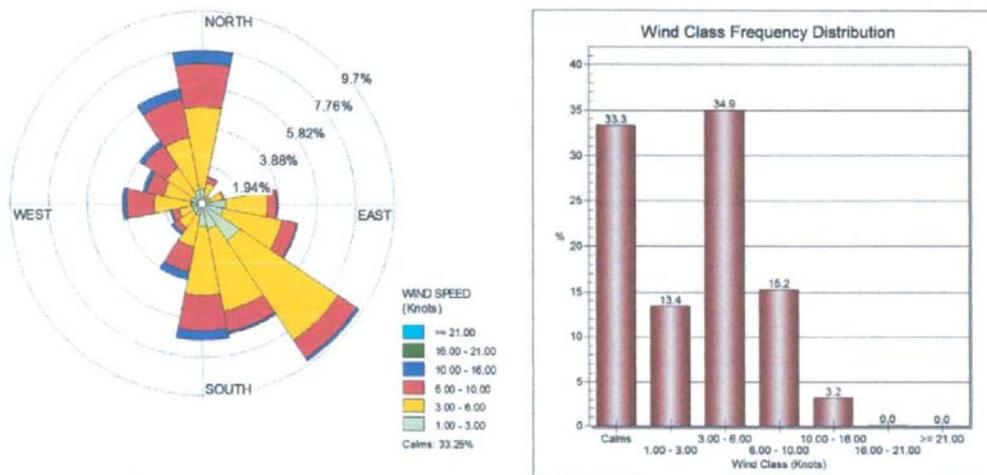
Gambar 3. *Windrose dan Wind Class Frequency Distribution* bulan Maret

Terlihat pada gambar 3 bahwa angin dominan pada bulan Maret dari arah tenggara ( $123.75^{\circ} - 146.25^{\circ}$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 330 kali. Tidak ada kejadian angin kencang pada bulan ini, angin tertinggi sebesar 18 knot.



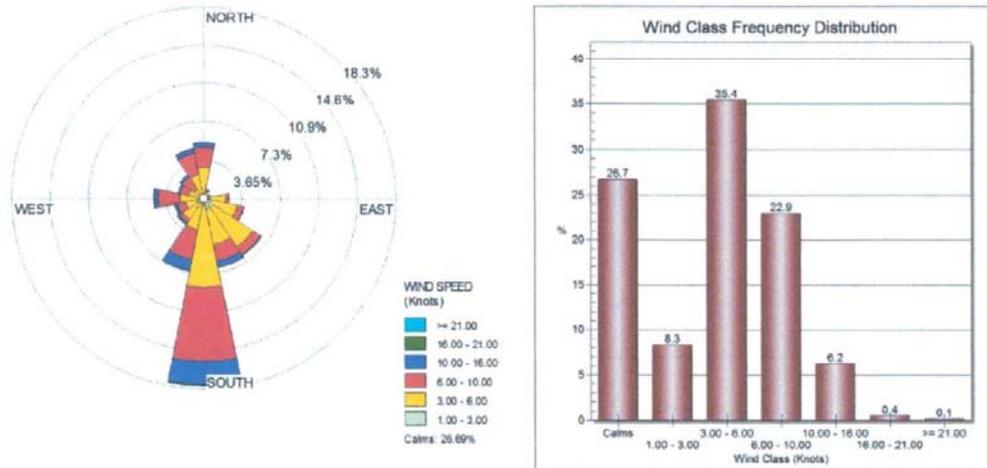
Gambar 4. *Windrose dan Wind Class Frequency Distribution* bulan April

Terlihat pada gambar 4 bahwa angin dominan pada bulan April dari arah tenggara ( $123.75^{\circ} - 146.25^{\circ}$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 269 kali. Tidak ada kejadian angin kencang pada bulan ini, angin tertinggi sebesar 21 knot.



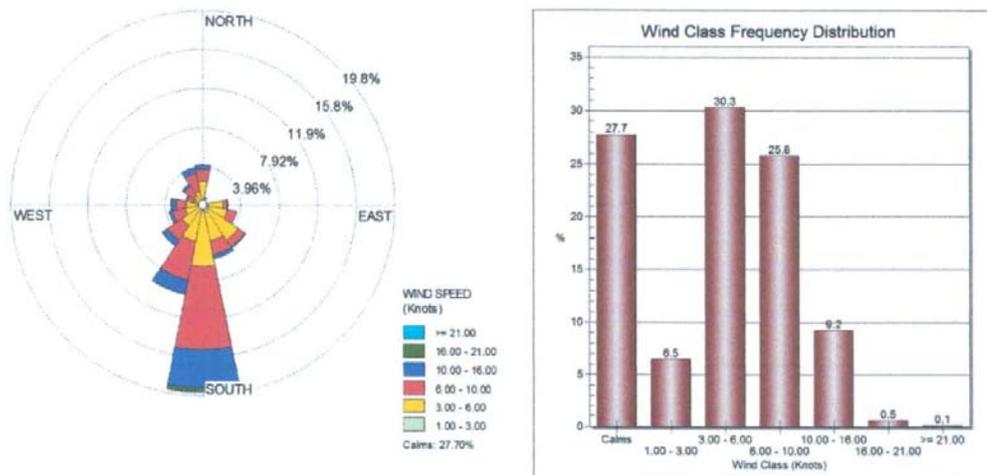
Gambar 5. Windrose dan Wind Class Frequency Distribution bulan Mei

Terlihat pada gambar 5 bahwa angin dominan pada bulan Mei dari arah tenggara ( $123.75^\circ - 146.25^\circ$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 125 kali. Tidak ada kejadian angin kencang pada bulan ini, angin tertinggi sebesar 20 knot.



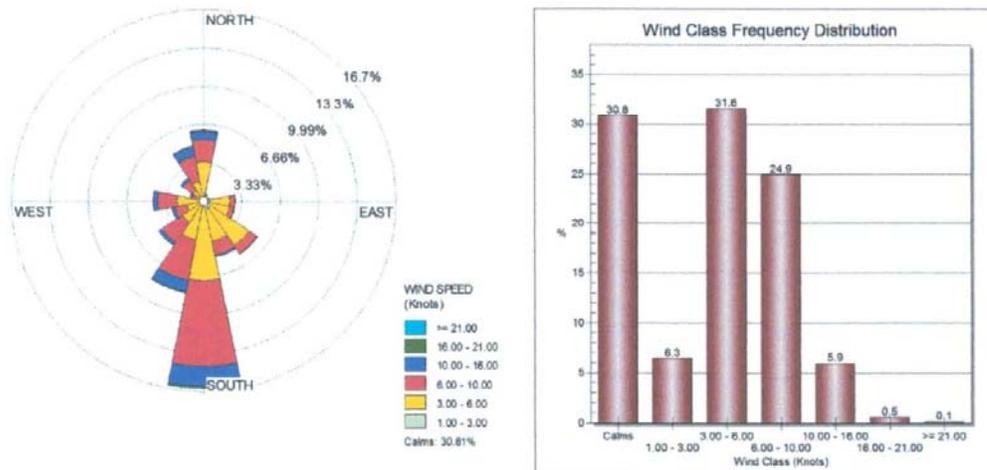
Gambar 6. Windrose dan Wind Class Frequency Distribution bulan Juni

Terlihat pada gambar 6 bahwa angin dominan pada bulan Juni dari arah selatan ( $168.75^\circ - 191.25^\circ$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 335 kali. Terdapat 1 kali kejadian angin kencang pada bulan ini, angin tertinggi sebesar 32 knot.



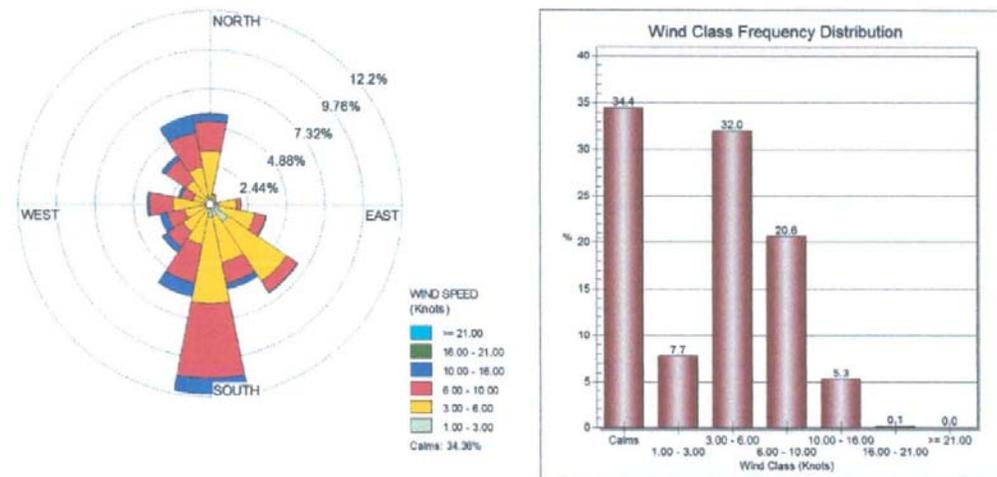
Gambar 7. Windrose dan Wind Class Frequency Distribution bulan Juli

Terlihat pada gambar 7 bahwa angin dominan pada bulan Juli dari arah selatan ( $168.75^\circ - 191.25^\circ$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 253 kali. Tidak terdapat kejadian angin kencang pada bulan ini, angin tertinggi sebesar 22 knot.



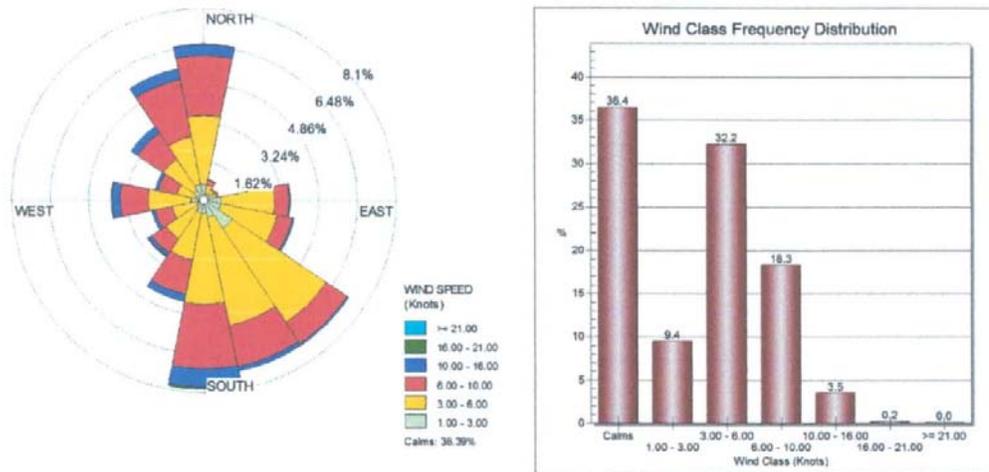
Gambar 8. Windrose dan Wind Class Frequency Distribution bulan Agustus

Terlihat pada gambar 8 bahwa angin dominan pada bulan Agustus dari arah selatan ( $168.75^\circ - 191.25^\circ$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 7 knot hingga 10 knot sebanyak 331 kali. Terdapat 1 kali kejadian angin kencang pada bulan ini, dengan kecepatan angin sebesar 27 knot.



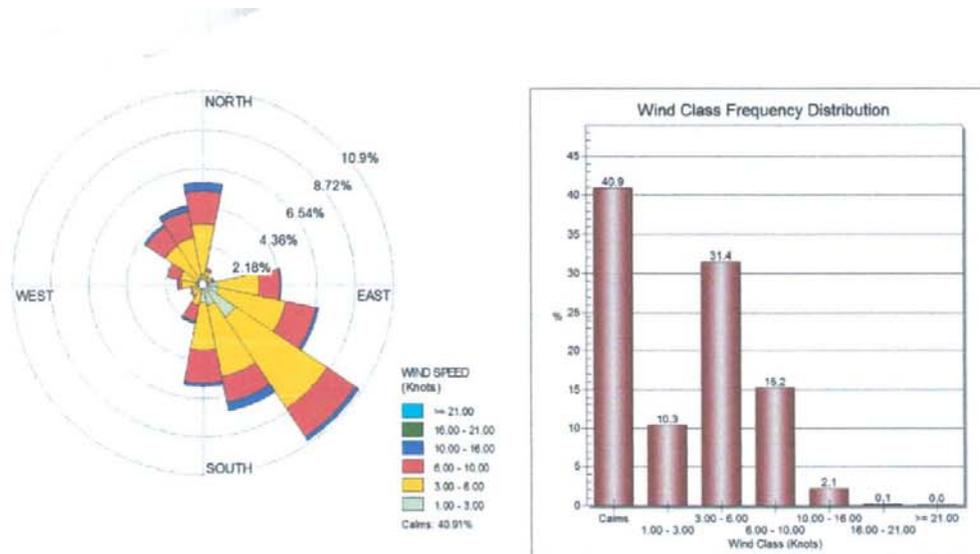
Gambar 9. *Windrose dan Wind Class Frequency Distribution* bulan September

Terlihat pada gambar 9 bahwa angin dominan pada bulan September dari arah selatan ( $168.75^{\circ} - 191.25^{\circ}$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 231 kali. Tidak terdapat kejadian angin kencang pada bulan ini, kecepatan angin tertinggi sebesar 20 knot.



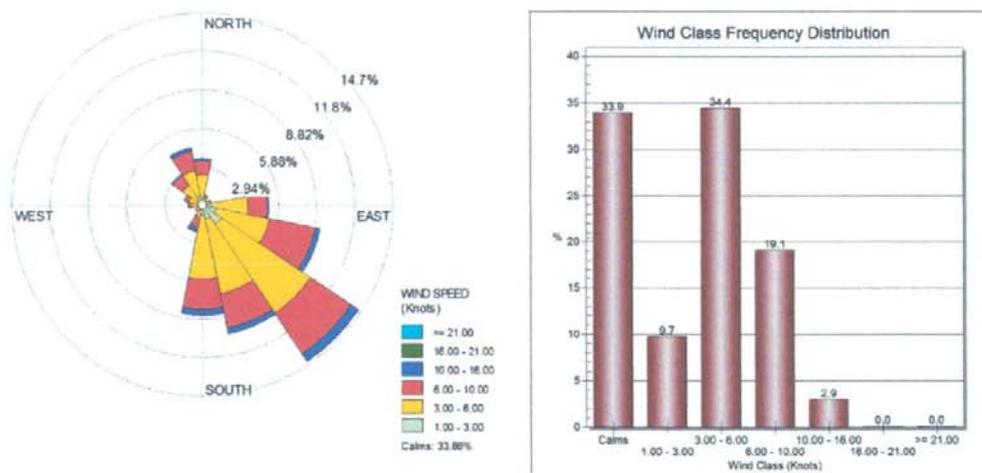
Gambar 10. *Windrose dan Wind Class Frequency Distribution* bulan Oktober

Terlihat pada gambar 10 bahwa angin dominan berada pada bulan Oktober dari arah selatan ( $168.75^{\circ} - 191.25^{\circ}$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 168 kali. Tidak terdapat kejadian angin kencang pada bulan ini, kecepatan angin tertinggi sebesar 24 knot.



Gambar 11. Windrose dan Wind Class Frequency Distribution bulan November

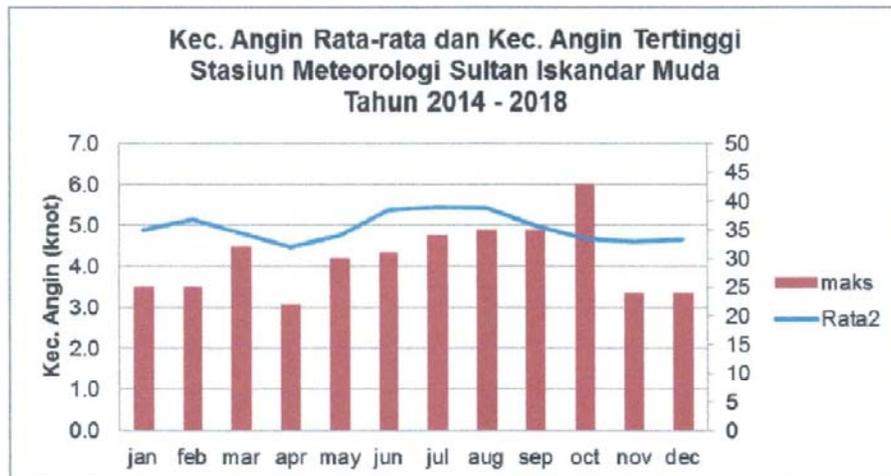
Terlihat pada gambar 11 bahwa angin dominan berada pada bulan November dari arah tenggara ( $123.75^{\circ} - 146.25^{\circ}$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 269 kali. Tidak terdapat kejadian angin kencang pada bulan ini, kecepatan angin tertinggi sebesar 17 knot.



Gambar 12. Windrose dan Wind Class Frequency Distribution bulan Desember

Terlihat pada gambar 12 bahwa angin dominan berada pada bulan Desember dari arah tenggara ( $123.75^{\circ} - 146.25^{\circ}$ ) dengan jumlah kejadian terbanyak pada kecepatan 4 knot hingga 6 knot sebanyak 363 kali. Tidak terdapat kejadian angin kencang pada bulan ini, kecepatan angin tertinggi sebesar 17 knot.

## 2. Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda



Gambar 13. Kecepatan angin rata-rata dan tertinggi Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda

Berdasarkan gambar 13, terlihat bahwa kecepatan angin rata-rata yang tercatat di Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda berkisar antara 4,5 – 5,4 knot. Sedangkan kecepatan angin maksimum yang tercatat dalam periode 5 tahun terakhir sebesar 43 knot dari arah 290°.

Demikian informasi ini dibuat agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui,  
PLH. Kepala



Sutarni, SP., M.Si

Staf Pengolahan Data



Abdurahman, S.Tr