

**LAPORAN HASIL  
PENELITIAN DASAR  
UNIVERSITAS LAMPUNG**



**ANALISIS POTENSI ENERGI ANGIN DI BANDAR LAMPUNG DAN KAJIAN  
AERODINAMIKA DESAIN TURBIN ANGIN**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN  
PENELITIAN DASAR UNIVERSITAS LAMPUNG**

Judul Penelitian : Analisis Potensi Energi Angin di Bandar Lampung dan Kajian Aerodinamika Desain Turbin Angin

Manfaat sosial ekonomi : Menekan konsumsi energi fosil dan menggali potensi energi angin untuk dimanfaatkan.

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Agus Sugiri, M.Eng.

b. Jabatan Fungsional : Lektor

c. Program Studi : Teknik Mesin

d. SINTA ID : 6182324

e. Nomor HP : 081227788719

f. Alamat surel (e-mail) : agussugiri@yahoo.co.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Akhmad Rizal, M.Eng

b. Jabatan Fungsional : -

c. SINTA ID : 6164990

d. Program Studi : Teknik Mesin

Jumlah mahasiswa yang terlibat : 1 orang

Jumlah alumni yang terlibat : 0 orang

Jumlah staf yang terlibat : 0 orang

Lokasi kegiatan : Laboratoium Fluida, Teknik Mesin UNILA.

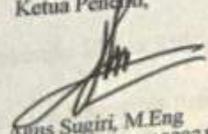
Lama kegiatan : 6 Bulan

Biaya Penelitian : Rp.20.000.000,-

Sumber dana : DIPA BLU Unila

Bandar Lampung, 15 September 2021

Ketua Peneliti,

  
Agus Sugiri, M.Eng  
NIP. 197008041998031003



Menyetujui,  
Ketua LPPM Universitas Lampung,  
Dr. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng  
NIP. 06207171987031002

Menyetujui,  
Ketua LPPM Universitas Lampung,  
  
Dr. Ir. Kusmeita Afriani, DEA  
NIP. 196405101993032008

## IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian: Analisis Potensi Energi Angin di Bandar Lampung dan Kajian Aerodinamika Desain Turbin Angin

2. Tim Peneliti

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Program Studi	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Agus Sugiri, M.Eng	Ketua	Konversi Energi	Teknik Mesin	20
2	Akhmad Riszal, M.Eng	Anggota 1	Produksi	Teknik Mesin	15
3	Sigit Kurniawan NPM.2015021091	Mahasiswa	-	Teknik Mesin	20

3. Objek Penelitian (Jenis Material yang akan diteliti dan segi penelitian)

Menganalisis potensi energi angin, sehingga dari data tersebut dapat di ketahui kecepatan rata-rata angin. kemudian, dibuat desain turbin angin dan di simulasikan dengan kajian aerodinamika sesuai dengan data potensi energi angin.

4. Masa Pelaksanaan

Mulai : bulan April tahun: 2021

Berakhir : bulan September tahun: 2021

5. Usulan Biaya Rp. 20.000.000,-

6. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan): Lab mekanika Fluida, Teknik Mesin, UNILA

7. Instansi lain yang terlibat; -

8. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu (Uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang akan mendukung pengembangan Iptek): Diperoleh ilmu desain Turbin angin dan analisis aerodinamika sudu turbin untuk menaikkan efisiensi, pemilihan jenis airfoil sangat berpengaruh terhadap kecepatan angin.

9. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran untuk setiap penerima hibah (tulis nama terbitan berkala ilmiah dan tahun rencana publikasi):

Universitas Lampung International Conference on Science, Technology and Environment (Submitted).

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>IDENTITAS DAN URAIAN UMUM</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>RINGKASAN</b> .....	vi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Khusus.....	2
1.3. Urgensi Penelitian .....	2
1.4. Luaran/Temuan yang ditargetkan.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Energi Terbarukan.....	4
2.2. Dasar Konversi Energi Angin.....	7
2.3. <i>State of Art</i> .....	8
2.4. <i>Roadmap</i> Penelitian.....	10
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	12
3.1. Lokasi Penelitian.....	12
3.2. Analisis Potensi.....	12
3.3. Alur Penelitian Potensi.....	13
3.4. Proses Simulasi .....	13
3.5. perancangan sudu turbin .....	15
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	17
4.1. Data Angin.....	17
4.2. Perancangan dengan Qblade Software.....	17
4.3. Aerodinamika Turbin Angin .....	21
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	24
<b>REFERENSI</b> .....	25

## Lampiran

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 01.</b> Peta penyebaran pembangkit Listrik.....	2
<b>Gambar 02.</b> Potensi Energi Terbarukan .....	5
<b>Gambar 03.</b> Konsumsi Listrik di Lampung.....	5
<b>Gambar 04.</b> Rencana PLTB, (ESDM,2017).....	6
<b>Gambar 05.</b> Tingkat kecepatan angin sesuai kondisi alam.....	6
<b>Gambar 06.</b> Analogi hembusan angin dalam suatu bidang.....	7
<b>Gambar 07.</b> Roadmap Penelitian.....	11
<b>Gambar 08.</b> Anemometer digital.....	12
<b>Gambar 09.</b> Diagram penelitian Potensi.....	13
<b>Gambar 10.</b> Diagram Alir simulasi Qblade .....	14
<b>Gambar 11.</b> Airfoil dan software qblade .....	15
<b>Gambar 12.</b> Airfoil Tools Data.....	16
<b>Gambar 14.</b> Variasi kecepatan angin terhadap Pdf.....	17
<b>Gambar 15.</b> XFOIL Direct analysis .....	18
<b>Gambar 16.</b> Rotor Blade .....	18
<b>Gambar 17.</b> Variasi Kecepatan Angin terhadap Tsr.....	19
<b>Gambar 18.</b> Kec Angin 7m/s Tsr tertinggi.....	19
<b>Gambar 19.</b> Sparasi aliran dan Wake.....	21
<b>Gambar 20.</b> Vortex Node.....	22
<b>Gambar 21.</b> Visualisasi bentuk aliran.....	23

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 01.</b> Rancangan Parameter Turbin Angin.....	15
--	----

## RINGKASAN

Provinsi Lampung merupakan wilayah yang mempunyai sumber energi yang melimpah baik fosil ataupun non fosil (energi terbarukan). Sumber energi yang masih banyak digunakan yaitu energi fosil (sumber batu bara khususnya), sehingga jika kita tidak memperhatikan lingkungan maka sumber energi akan habis dan dampak yang ditimbulkan energi fosil itu sendiri. Di sisi lain, sumber energi terbarukan seharusnya juga diperhatikan sebagai sumber energi yang berkelanjutan, tetapi sumber energi terbarukan masih sangat kecil dimanfaatkan. Pemanfaatan energi terbarukan paling banyak dikembangkan di provinsi ini adalah geothermal dan mikro hidro. Sedangkan pemanfaatan energi surya ataupun energi angin masih sangat sedikit. Dalam penelitian ini, peneliti akan mendalami dan meneliti potensi energi angin di Provinsi Lampung. Dari banyak literatur, provinsi ini belum ada kajian secara komprehensif tentang pemanfaatan energi angin. Energi angin merupakan sumber energi baru terbarukan yang mana energi ini memanfaatkan kecepatan angin dan pemanfaatan teknologi *wind turbine* untuk mendapatkan daya listrik (dari konversi energinya). Seiring dengan majunya zaman dan majunya teknologi, lonjakan konsumsi energi listrik masyarakat semakin meningkat. Tidak dipungkiri di zaman sekarang, listrik bisa juga disebut kebutuhan primer karena dalam kehidupan sehari-hari banyak masyarakat mempunyai ketergantungan dengan listrik. Permasalahan energi merupakan permasalahan yang sangat kompleks dan berkelanjutan karena banyaknya permintaan kebutuhan energi dan penyediaan energi tidak seimbang.

Tujuan jangka Panjang dalam penelitian ini adalah merencanakan, menghitung potensi angin dan pembuatan turbin angin yang efisien sebagai pembangkit listrik untuk kebutuhan masyarakat dengan dikombinasikan dengan panel surya (Teknologi *Hybrid*) dan sistem kontrol pada jaringan tersebut. Adapun tujuan khusus dalam penelitian ini adalah menganalisis dan mengetahui potensi energi angin dengan metode survei di *roof Top* gedung jurusan Teknik Mesin UNILA dan pengolahan data dengan menggunakan metode distribusi weibull. Sehingga penelitian ini dapat menjadi informasi awal dalam pemanfaatan energi angin untuk di konversikan menjadi energi listrik, kemudian data tersebut diambil kecepatan rata dan disimulasikan dengan menggunakan software Qblade.

Penelitian ini akan dilaksanakan bulan April hingga September 2021. Adapun tahapan dari penelitian ini adalah studi literatur, survei lokasi, pengukuran kecepatan angin, pengukuran kecepatan angin, kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan distribusi weibull. Setelah mendapat data tersebut kita akan dilakukan pengolahan data, menganalisis data dan interpretasi data kemudian disimulasikan dilakukan berbagai Variasi kecepatan angin yaitu pada kecepatan 3,4,5,6,7 km/s dengan RPM, *Tip Speed Ratio (TSR)* dengan jumlah sudu 5.

Target dari penelitian ini adalah menghasilkan data potensi angin sebagai upaya untuk pemanfaatan dan pengembangan energi terbarukan dan desain optimal dari rancangan. Disamping itu, target penelitian ini adalah prosiding internasional sebagai pemakalah dalam kegiatan ilmiah tahunan dan luaran tambahan berupa jurnal nasional.

*Key Word: Wind Turbine, Weibull, Qblade*

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan manusia juga meningkat dengan dibarengi peningkatan kebutuhan energi. Terlepas dari itu, *suplay* kebutuhan energi masih banyak menggunakan energi fosil. Sehingga dikhawatirkan adanya krisis energi jika masih tergantung dengan energi fosil. Oleh karena itu perlu adanya kajian dan pengembangan-pengembangan pemanfaatan energi baru terbarukan sebagai solusi ketergantungan energi fosil. Dalam kesehariannya manusia sangat bergantung dengan listrik, sehingga diharapkan pembangkit-pembangkit listrik dapat mengembangkan energi baru terbarukan guna untuk menjamin energi yang berkelanjutan dan menekan adanya dampak pemanasan global. Menurut Dewan Energi Nasional (DEN) pada tahun 2018, di Indonesia kapasitas pembangkit tenaga listrik sebesar 64.5 GW dimana kapasitas tersebut source pembangkit berasal dari energi fosil yaitu batu bara (50%), gas bumi (29%), BBM (7%) energi terbarukan (14%). Kita bisa lihat, pemanfaatan energi terbarukan sangatlah kecil padahal Indonesia kaya akan sumber energi terbarukan, akan tetapi kurang dimanfaatkan. Misal energi angin, air, biomass, wave energi, energi surya dan lain-lain. Dalam penelitian ini akan di khususkan analisis potensi energi angin di Kabupaten Pesawaran. Konsumsi Listrik di Lampung hingga triwulan ke II 2019 mengalami kenaikan sebesar 9.2%, dengan konsumsi energi listrik mencapai 1.860 GWH (Lampost, 2019). Sehingga jika dilihat angka kenaikan tersebut sangatlah besar. Adanya kenaikan konsumsi listrik masyarakat berarti konsumsi energi fosil juga naik hal ini dikarenakan sumber energi dari PLN terbesar masih menggunakan batu bara. Selain itu, penggunaan energi fosil juga mempunyai dampak lingkungan begitu besar seperti pemanasan global. Peneliti akan mengkaji, menganalisis dan bereksperimen pemanfaatan energi terbarukan yaitu Energi angin. seperti yang terlihat pada gambar 01 dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan hanya memanfaatkan energi panas bumi, energi air, energi surya dan biomass. Sehingga perlu dilakukan kajian-kajian potensi energi angin untuk dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, kemudian dengan adanya kajian potensi energi angin maka dapat dilakukan pembuatan desain turbin angin berdasarkan

variasi kecepatan angin terhadap daya yang di hasilkan, terhadap TSR (Tip Speed Ratio) dan RPM . Maka dibuatlah kajian dan analisis serta desain dengan kajian aerodinamika tentang turbin angin dengan hasil CP (Coefisien Power) terbaik. Penelitiann ini lebih jelasnya akan dipaparkan dalam roadmap penelitian.



Gambar 01. Peta penyebaran pembangkit Listrik, Dinas ESDMN Prov. Lampung 2019

## 1.2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah menggali informasi potensi energi angin di Roof Top Gedung Teknik Mesin Unila, kemudian hasil dari potensi akan di sesain model turbin angin dengan kajian aerodinamika maka dapat dilakukan pembuatan desain turbin angin berdasarkan variasi kecepatan angin terhadap daya yang di hasilkan, terhadap TSR (*Tip Speed Ratio*) dan RPM.

## 1.3. Urgensi Penelitian

Urgensi dalam penelitian ini adalah meningkatnya konsumsi energi listrik di Indonesia, khususnya wilayah Lampung yang berdampak terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan suplay listrik masih banyak menggunakan energi fosil. Di Provinsi Lampung sendiri, belum adanya sistem pembangkit listrik dengan pemanfaatan energi angin secara khusus dan komprehensif serta berkelanjutan. Kemudian, untuk tujuan jangka panjang dapat dilakukan pengembangan teknologi pada turbin angin.

#### **1.4.Luaran/Temuan yang ditargetkan serta Kontribusi**

Luaran atau temuan yang ditargetkan adalah:

- a. Desain turbin angin dengan kajian aerodinamika.
- b. Sebagai referensi ilmu pengetahuan dalam pemanfaatan energi angin di Lampung. Hal ini dikarenakan dari studi literatur, belum adanya kajian secara komprehensif pemanfaatan energi angin.
- c. Menghasilkan Prosiding Internasional; Universitas Lampung International Conference on Science, Technology and Environment (Submitted).

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Energi Terbarukan**

Energi terbarukan merupakan energi alternatif yang dapat dikembangkan seiring dengan perkembangan zaman, hal ini dikarenakan dengan tergantungnya energi fosil oleh masyarakat maka tidak akan ada energi yang keberlanjutan. Disamping itu, penggunaan energi fosil juga sangat berdampak terhadap lingkungan, khususnya pemanasan global. Sehingga diharapkan kita sadar dengan pemanfaatan energi alternatif yaitu energi terbarukan. Energi alternatif adalah energi yang dapat digunakan sebagai pengganti energi fosil, yang mana Energi ini berasal dari alam yang berkelanjutan dan selalu tersedia (tidak akan habis) di alam. Khususnya di Lampung, energi terbarukan belum dimaksimalkan sehingga perlu adanya kajian-kajian yang kompleks. Energi yang sudah digunakan di Lampung paling banyak di energi panas bumi (geo thermal), Mikro Hidro, biomassa dan energi Surya. Sedangkan pada pemanfaatan energi angin belum ada yang mengkaji secara komprehensif.

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang tidak akan habis. Sehingga perlu adanya pemanfaatan energi tersebut untuk dijadikan sumber energi listrik. Proses terjadinya angin bermula karena adanya beda tekanan di lokasi tersebut, perbedaan temperatur akibat pemanasan permukaan bumi oleh matahari (ESDM, 2016). Sehingga dapat disimpulkan jika energi angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek baik karena energi angin selalu tersedia di alam dan energi angin merupakan energi yang bersih serta terbarukan. Proses pemanfaatan energi angin sampai menjadi listrik mempunyai dua tahapan konversi energi yaitu:

1. Aliran angin bebas, akan menggerakkan rotor (melalui *blade*) dengan adanya tumbukan sehingga rotor berputar selaras dengan angin yang melewati rotor tersebut.
2. Putaran rotor atau blade terhubung dengan generator sehingga menghasilkan listrik.

Sesuai dengan PP No. 79 Tahun 2014 tentang kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada

tahun 2050. Seperti data yang dikeluarkan Kementerian ESDM tentang target bauran energi Nasional seperti pada gambar 02.

Jenis Energi	Potensi
Tenaga Air	94,3 GW
Panas Bumi	28,5 GW
Bioenergi	PLT Bio : 32,6 GW dan BBN : 200 Ribu Bph
Surya	207,8 GWp
Angin	60,6 GW
Energi Laut	17,9 GW

Gambar 02. Potensi Energi Terbarukan (Ditjen EBTKE, 2018)

Dapat dilihat pada tabel 02, total energi nasional data yang di keluarkan Kementerian ESDM bahwa potensi energi angin sebenarnya sangat besar. Sehingga harus banyak dilakukan kajian di setiap daerah di Indonesia agar dapat memanfaatkan energi angin secara maksimal dan mengurangi penggunaan energi fosil. Dengan banyaknya energi juga permintaan energi khususnya listrik juga meningkat. Contoh, data BPS 2017 Provinsi lampung seperti pada gambar 03.

NO	Kabupaten/Kota	2012	2013	2014	2015
1	Lampung Barat	69464	76048	65217	68188
2	Tanggamus	83058	92626	98669	104554
3	Lampung Selatan	179594	197167	209617	220827
4	Lampung Timur	171065	188622	199462	209481
5	Lampung Tengah	208316	227172	238511	252340
6	Lampung Utara	109296	122048	132091	136770
7	Way Kanan	66514	79564	88043	94488
8	Tulang Bawang	66372	84460	90173	94312
9	Pesawaran	64649	70765	75451	80644
10	Pringsewu	68189	76136	89077	83831
11	Mesuji	32128	46678	49087	49245
12	Tulang Bawang Barat	40786	47340	47961	48501
13	Pesisir Barat				
14	Bandar Lampung	192918	212397	226849	243535
15	Metro	37365	41011	14788	45813
Total Lampung		1389714	1562034	1614996	1732529

Gambar 03. Konsumsi Listrik di Lampung (BPS, 2017).

Provinsi	Total Kapasitas Terpasang PLTBayu Pertahun (MW)										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Aceh	-	-	-	-	-	-	-	13,3	21,3	32,4	32,4
Sumatera Utara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Riau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kepulauan Riau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sumatera Barat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jambi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bengkulu	-	-	-	-	-	-	-	10,4	17,6	27,8	27,8
Sumatera Selatan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bangka Belitung	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	9,1	9,1
<b>Lampung</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>5,9</b>	<b>12,4</b>	<b>22,2</b>	<b>22,2</b>

Gambar 04. Rencana PLTB, (ESDM,2017).

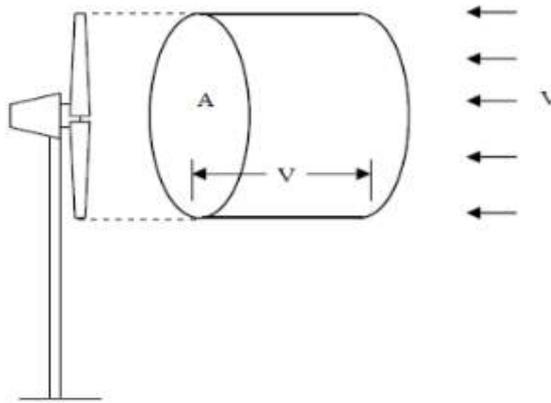
Energi angin dapat dikonversi menjadi listrik sangat bergantung dengan kecepatan angin hal ini dikarenakan semakin besar kecepatan angin, maka semakin besar juga daya output yang di hasilkan. Adapun tingkat kecepatan angin berdasar kondisi alam dapat diprediksi berapa kecepatan angin yang behembus. Seperti pada gambar 05.

Kelas	Kecepatan (m/s)	Kondisi alam
1	0.00-0.2	
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, petunjuk arah angin bergerak
5	5.5-7.9	Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8.0-10.7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10.8-13.8	Ranting pohon besar bergoyang, air dikolam 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	24.4-28.4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.5-32.6	Menimbulkan kerusakan parah

Gambar 05. Tingkat kecepatan angin sesuai kondisi alam (Bachtiar, 2018).

## 2.2.Dasar Konversi Energi Angin

Energi angin merupakan energi kinetik, hal ini dikarenakan adanya pengaruh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar *blade* atau rotor dari turbin angin (menjadi energi mekanik). Dalam konversi angin menjadi energi listrik maka langkah yang pertama yang harus dilakukan oleh peneliti adalah menghitung energi angin sesuai dengan formulasi (sam, dkk. 2015). Dalam menghitung potensi angin, hal yang paling pokok adalah kecepatan angin. Hal ini dikarenakan pengaruh dari energi mekanik yang dihasilkan melalui rotor (sapan *blade*). Perhatikan gambar 06.



Gambar 06. Analogi hembusan angin dalam suatu bidang (Mathew, S. 2006)

Langkah awal yaitu menghitung energi kinetik.

$$E_k = 0.5. m. v^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

E = Energi Kinetik (J)

m = Masa Udara (kg)

v = Kecepatan angin (m/s)

Kemudian menghitung masa udara, misalkan dengan menghitung luas penampang dalam luasan tertentu, kemudian bergerak dengan kecepatan, maka formulasi masa udara yang melewati luasan tertentu, maka.

$$m = A. v. \rho \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana,

m = Masa udara (kg/s)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

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

Kemudian substitusi persamaan (2.1) dan (2.2), maka akan mendapatkan daya yang dihasilkan energi angin yang di hitung yaitu.

$$P = 0.5 \cdot A \cdot v^3 \cdot \rho \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana,

P = Daya persatuan waktu (watt)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

v = Kecepatan angin (m/s)

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

### 2.3. State of the Art

Distribusi weibull merupakan salah satu distribusi yang mempunyai sifat *reability* dan *maintainability*. Dalam ilmu statistika dan teori probabilitas weibull merupakan salah satu distribusi kontinu. Parameter yang di teliti akan menggunakan bentuk (k) dan skala (c). Nilai parameter k diperoleh dengan nilai berdasarkan data kecepatan angin aktual. Semakin besar nilai parameter k maka semakin besar juga durasi dan sebaliknya. Sedangkan semakin kecil nilai parameter c maka kurva akan bergeser ke arah kecepatan angin yang rendah, begitu pula sebaliknya. Dalam penelitian ini distribusi weibull akan menjadi metode pendekatan untuk memodelkan distribusi kecepatan angin di lokasi yang akan di teliti.

Kajian pemanfaatan angin pernah dilakukan oleh Raghel (2015), kecepatan angin dilakukan secara langsung dan realtime menggunakan AWS dan dilakukan tiga bulan menggunakan metode analitik, jika di kota gorontalo mempunyai kecepatan 2.75-5 m/s dan kecepatan tertinggi di bulan agustus dan daya yang di hasilkan sebesar 3.23-18.61 watt/m<sup>2</sup>. Menurut Maldi, S (2015) penelitian dengan menggunakan data primer dan sekunder serta menggunakan software HOMER, menghasilkan perancangan dengan sistem pembangkit mendapatkan rata-rata kecepatan 6 m/s.

Penelitian potensi juga dilakukan di Jogja oleh Dita, A (2016) melakukan pemodelan dengan software HOMER dan data angin di dapat dari retSCREEN NASA, menggunakan distribusi weibull di dapat nilai k = 0.05 dengan c = 1.63 m/s. di dapat nilai k = 0.05 ≤ 2 menunjukkan deviasi lebih besar daripada kecepatan

angin rata-rata. Menurut Khairiaton, dkk (2016) data kecepatan angin di Aceh dari tahun 2012-2015. Rata-rata kecepatan angin berdasarkan distribusi weibull yang di dapat sebesar 0.5 m/s – 1 m/s. dengan probalitas di tahun 2012 sebesar 15%, 2013 dan 2014 sebesar 21 dan 19 %. Dan tahun 2015 sebesar 17%.

Analisis potensi energi angin juga dilakukan di Wduk Keliling Aceh Besar oleh Husaini, dkk (2017) penelitian dilakukan dengan menggunakan data aktual tahun 2014-2016 menggunakan metode distribusi weibull sehingga memperoleh dari parameter k sebesar 1.2 dan nilai c sebesar 4.4. tahun 2014 diperoleh kecepatan angin 1 m/s dengan probalitas 11%. Tahun 2015 kecepatan angin 0.8 m/s dengan probalitas 13.5%. tahun 2016 kecepatan angin 1 m/s probalitas 15.2. Menurut Zora, dkk (2018) kajian potensi dilakukan di Pontianak pengukuran kecepatan angin dilakukan secara realtime dan dengan metode statistik dengan tampilan frekuensi kecepatan angin, rata kecepatan angin sebesar 0.82 m/s, daya output yang dihasilkan 0.06 watt/hari. Menurut Arin, W (2019) meneliti tentang distribusi weibull di Sampang Madura, penelitian ini menggunakan data sekunder dari BMKG tahun 2016-2017, didapatkan parameter  $k = 2.67$  dan  $c = 2.88$  dengan persentasi probalitas pada tahun 2016 sebesar 2.5 m/s sebanyak 45% dan tahun 2017 sebesar 2,6 m/s dengan probalitas 70%.

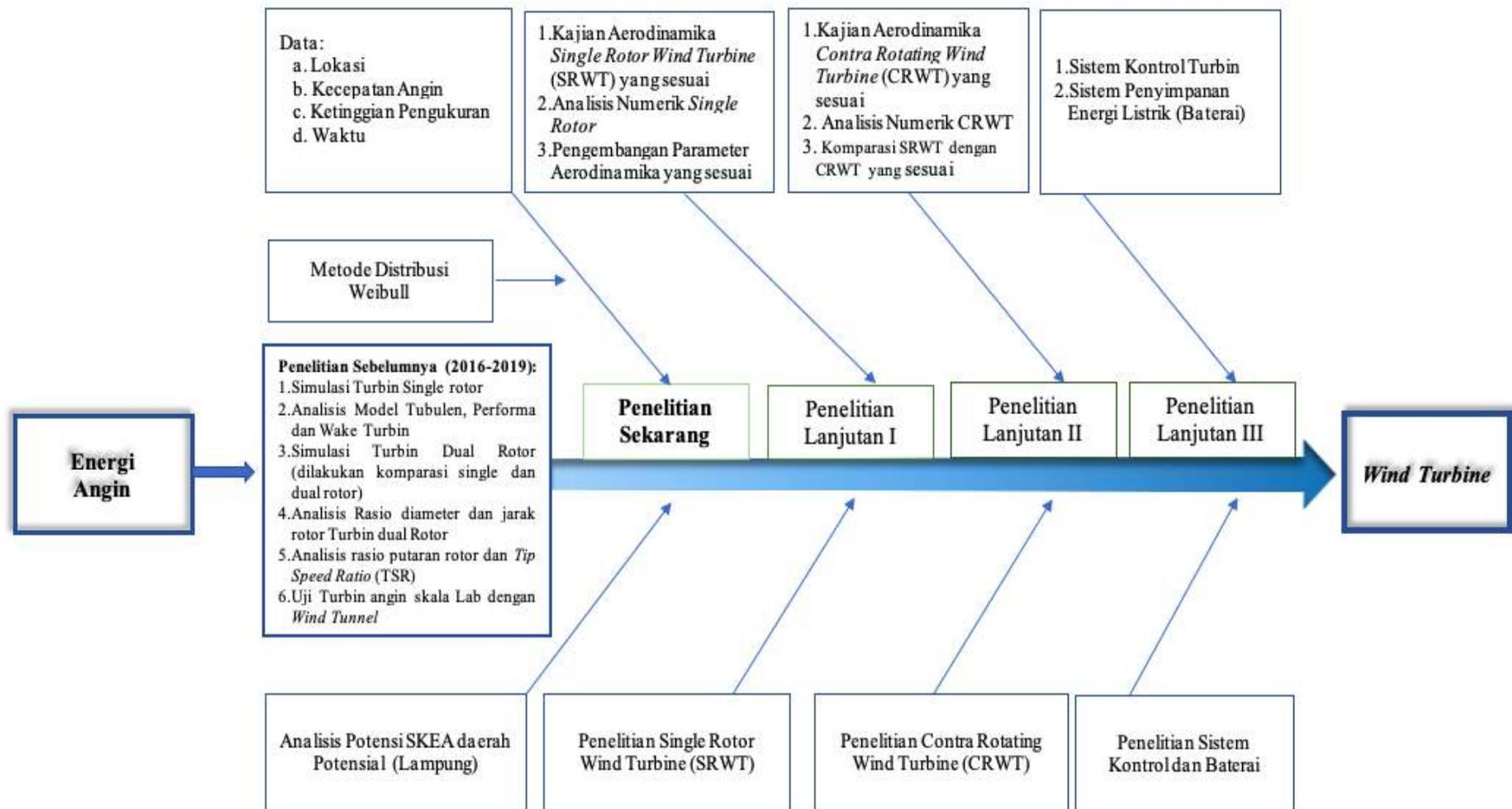
Menurut Firman, A, dkk (2013) pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap kerja turbin jika jumlah blade dan kecepatan angin sangat berpengaruh pada daya yang dihasilkan. Menurut Shailendra, S (2107) melakukan analisis dengan jenis air foil NACA 4415 dengan karakteristik aerodinamika bahwa bahwa Tip Speed Ratio (TSR) dari 0 hingga 7 Power Coeficient meningkat dan Power Coeficient tinggi terjadi penurunan. Kemudian dalam desain dan simulasi *small wind turbine blades* menggunakan Qblade, desain ini menggunakan jenis airfoil NACA 0018 dapat meningkatkan kinerja turbin angin pada kecepatan angin rendah (Veeksha, R, 2017).

Sehingga dari kajian-kajian tersebut maka dapat disimpulkan jika dalam analisis potensi dapat dijadikan dalam acuan pembuatan desain turbin angin dengan karakteristik aerodinamika pada turbin angin.

#### **2.4. Roadmap Penelitian**

Peneliti telah melakukan riset teknologi turbin angin sejak tahun 2016. Pada penelitian ini yang paling awal akan dilakukan adalah studi potensi kecepatan angin, kemudian akan dilakukan pembuatan desain turbin angin sesuai dengan kajian aerodinamika. Pada penelitian energi angin di Lampung belum pernah dilakukan kajian secara komprehensif, sehingga peneliti tertarik untuk mengkaji secara komprehensif teknologi turbin angin dalam penelitian lanjutan yang sesuai roadmap dengan memanfaatkan energi angin untuk dikoversikan menjadi listrik. Dalam roadmap akan disajikan mulai dari energi angin, penelitian terdahulu, penelitian potensi dan penelitian lanjutan tentang Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) sampai diperoleh teknologi turbin angin yang dapat mengkoversi energi angin secara maksimal dan ekonomis. Secara jelas roadmap dapat dilihat pada gambar 07.

Setelah dilakukan beberapa kajian dari studi literatur dan penelitian sebelumnya tentang *Contra Rotating Wind Turbine (CRWT)* maka dalam penelitian ini akan dilakukan dalam pembuatan desain turbin angin dengan dilakukannya analisis potensi energi angin.



Gambar 07. Roadmap Penelitian

## **BAB 3. METODE PENELITIAN**

### **3.1. Lokasi Penelitian**

Penelitian dilaksanakan bulan bulan April hingga September 2021. Dilaksanakan di roof top jurusan teknik mesin UNILA dan simulasi akan dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida Teknik Mesin Unila. Setelah data di dapat semua kemudian di analisis dengan menggunakan metode distribusi weibull. Sehingga akan didapat informasi potensi energi angin yang dapat di konversi menjadi energi listrik.

Secara garis besar, prosedur dari penelitian sebagai berikut:

1. Studi literatur. Fungsi dari studi literatur adalah mengumpulkan data dari berbagai sumber pustaka dan perumusan masalah untuk dapat melakukan analisis.
2. Suevey lapangan. Mengumpulkan data-data yang di butuhkan dalam penelitian.
3. Data di olah dan di analisis dengan menggunakan metode distribusi weibull sehingga akan mendapat kesimpulan.
4. Kemudian, dilakukan silulasi dengan menggunakan Software Qblade.

### **3.2. Analisis Potensi Kecepatan Angin**

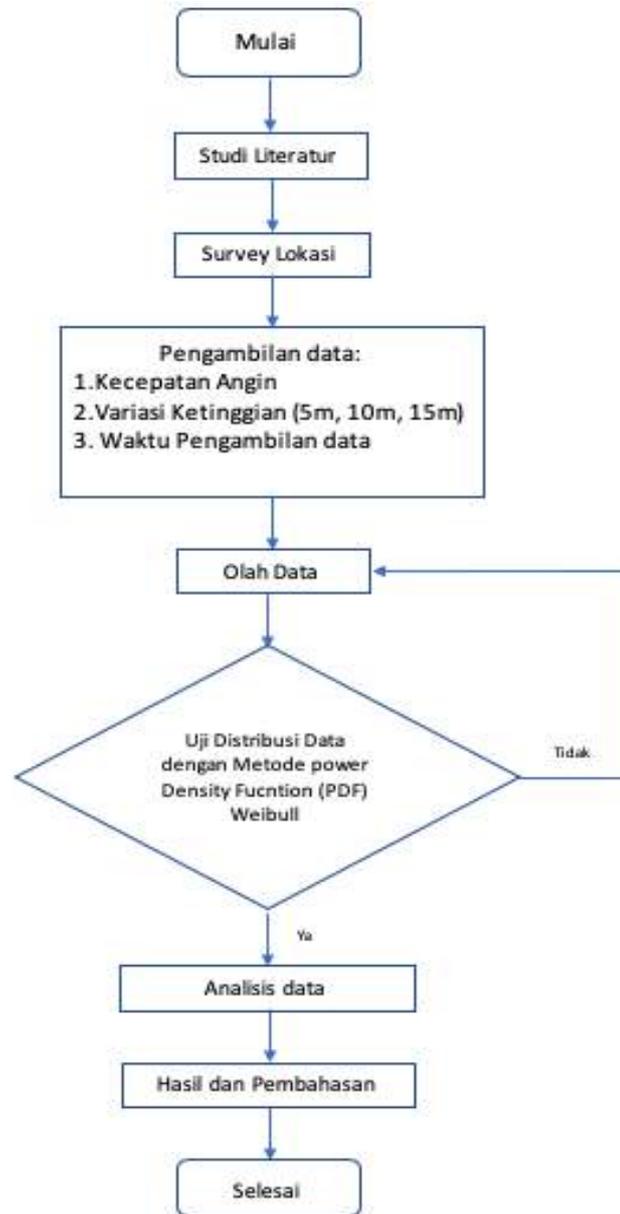
Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Satu unit komputer
2. Anemo meter



Gambar 08. Anemometer Digital

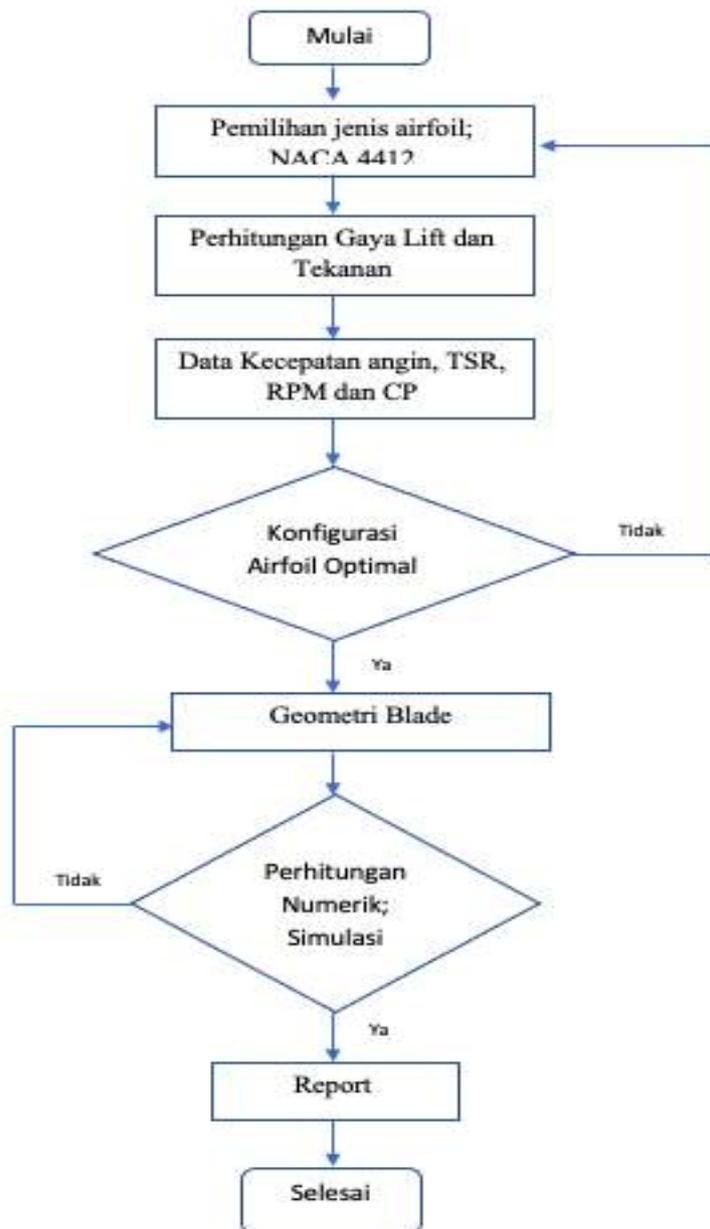
### 3.3. Alur Penelitian Potensi



Gambar 09. Diagram Alir Analisis Potensi

### 2.4. Proses Simulasi

Dalam penelitian ini, perancangan wind turbin akan menggunakan jenis airfoil NACA 4412. Airfoil ini didapat dari *airfoil tools databased*. Pemilihan airfoil ini mempunyai karakteristik aerodinamika airfoil dinyatakan dengan koefisien gaya hambat, koefisien gaya angkat dan koefisien momen aerodinamik yang sesuai dengan kondisi dilapangan.



Gambar 10. Diagram Alir Simulasi dengan QBlade

## 2.5. Perancangan Sudu Turbin

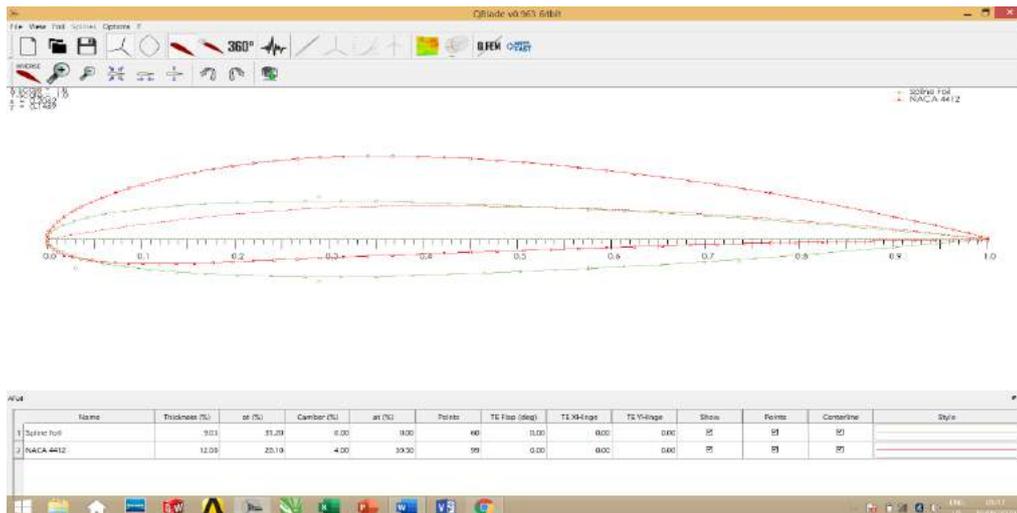
Pada tahap perancangan, air foil yang sudah ditentukan yaitu Aifoil NACA 4412. Airfoil tersebut kemudian didesain dan disimulasikan untuk menjadi sudu atau blade dalam software QBlade. QBlade merupakan software analisis turbin angin dengan mengintegrasikan ke XFOIL dan user dapat mengintegrasikanke dalam simulasi rotor turbin angin. Adapun parameter blade seperti pada tabel 01 dan software Qblade ditunjukkan pada gambar 11.

Tabel 01. Rancangan parameter Turbin Angin

Type Airfoil	NACA 4412
Diameter sudu	1,4 m
Jumlah Blade	3
Kecepatan Angin	1 – 7 m/s
Densitas	1.22 kg/m <sup>3</sup>
Bilangan Reynold	1x10 <sup>6</sup>



Click on the Airfoil Design Module in the Toolbar to Start

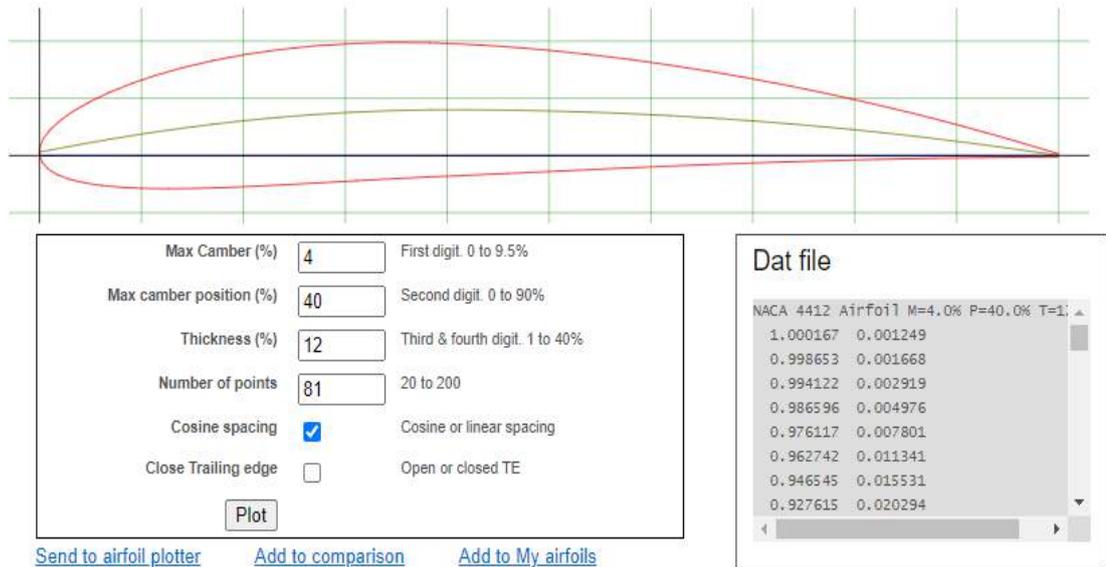


Gambar 11. Airfoil NACA 4412, Software Qblade

Adapun variabel penelitian terdiri atas:

1. Variabel bebas yaitu Kecepatan Angin, TSR, variasi rotational speed.
2. Variabel terikat yaitu jenis airfoil, Diameter Turbine, jumlah sudu.

Perancangan dimulai dari pembuatan airfoil. Air foil data diambil dari airfoiltools dengan menggunakan seri airfoil NACA (National Advisory Committee for Aeronautics (NACA)). Jenis airfoil yang digunakan adalah jenis NACA 4412. Turbin angin ini menggunakan jenis Turbin Angin Sumbu Horizontal Axis dengan menggunakan 5 blade. Penggunaan 5 blade dengan pertimbangan potensi kecepatan angin rendah. Perancangan dengan menggunakan software Qblade.



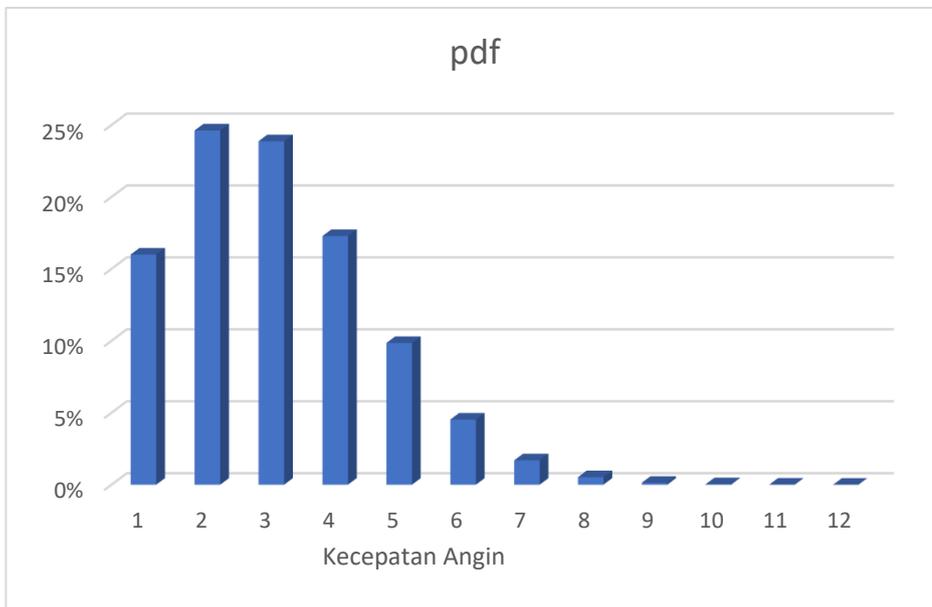
Gambar 12. Airfoiltools Data

Penentuan jenis airfoil sangat berpengaruh oleh gaya lift dan gaya drag. Gaya tersebut dapat mempengaruhi nilai keluaran berupa daya yang dihasilkan oleh turbin. Kemudian, setelah jenis airfoil ditentukan proses selanjutnya mengimport jenis airfoil NACA 4412 ke dalam software Qblade. Hasil import airfoil dapat dilihat pada gambar 13. Gambar 13 merupakan gambar jenis airfoil yang sudah diimport ke dalam software Qblade dan gambar hasil turbin angin 5 sudu yang akan dikaji.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Angin

Pada Gambar 14 Menunjukkan Variasi Data Kecepatan Angin Terhadap *Probability Density Function (Pdf)*, Menunjukkan Bahwa potensi kecepatan angin yang ada pada lokasi menunjukkan potensi angin terbanyak adalah pada kecepatan angin rendah dan pada kecepatan angin tinggi terjadi penurunan probabilitas. Kecepatan rata-rata yang mempunyai probabilitas tertinggi adalah pada kecepatan 2 m/s, sebesar 25 % atau nilai probabilitasnya sebesar 0.2469. sedangkan pada kecepatan 3 m/s menunjukkan nilai sebesar 24% atau dengan nilai probabilitas sebesar 0.2387. adapun nilai dari kecepatan 4 m/s menunjukkan nilai sebesar 17% dengan nilai 0.1738. jadi, jika dilihat dari data yang ada lokasi pengambilan data rata-rata kecepatan angin yang dihasilkan pengukuran merupakan lokasi yang mempunyai potensi turbin angin dengan turbin angin kecepatan rendah yaitu pada kecepatan 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s dan 6 m/s.

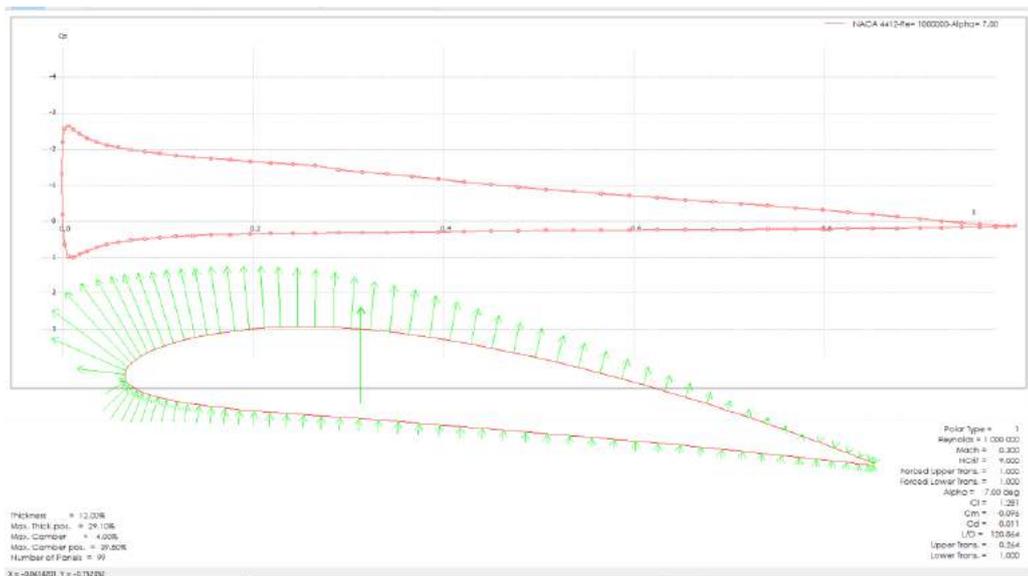


Gambar 14. Variasi kecepatan angin Terhadap *Probability Density Function (Pdf)*

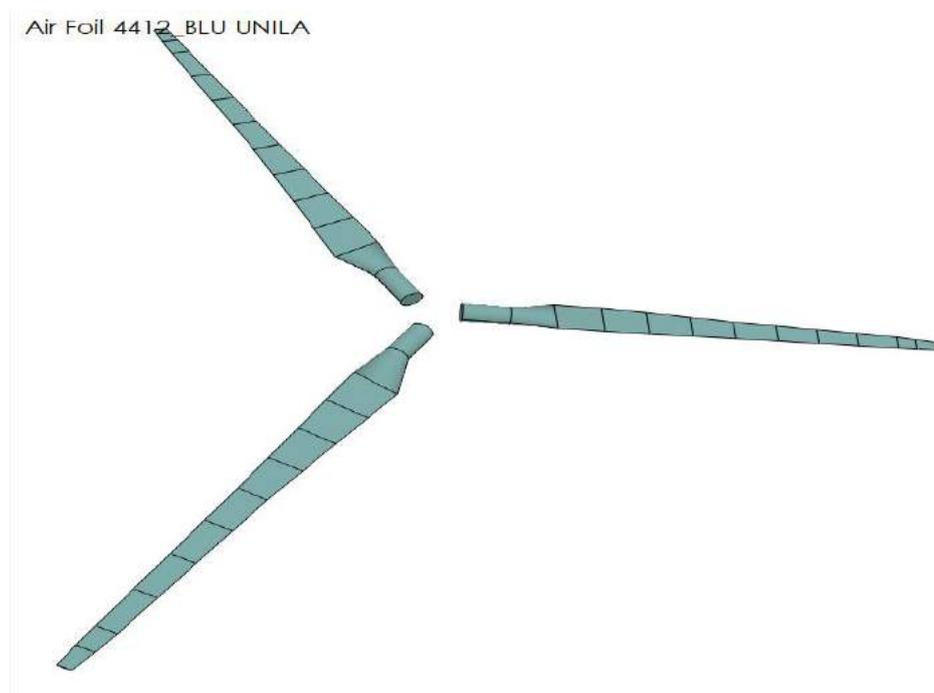
### 4.2. Perancangan dengan Qblade Software

Dalam pembuatan desain turbin angin, hal yang paling diperhatikan pertama kali adalah penentuan jenis airfoil sesuai rancangan. Penentuan jenis airfoil dikarenakan adanya pengaruh gaya lift dan gaya drag pada turbin angin yang berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Pada gambar 15 menunjukkan dalam proses penentuan jenis airfoil dengan

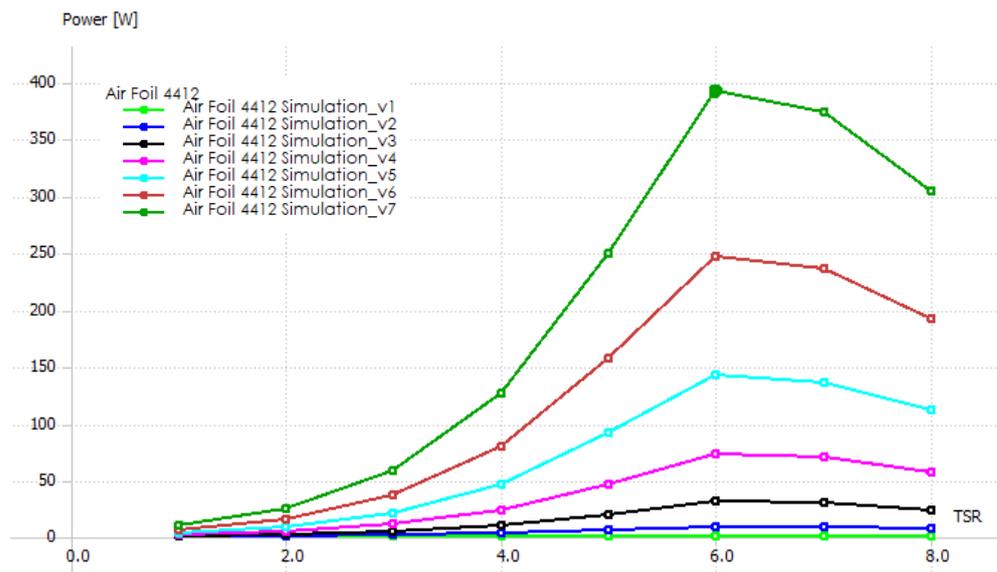
mengintegrasikan XFOIL guna untuk menghitung kinerja airfoil yang akan digunakan dan dapat diintegrasikan dalam simulasi rotor pada turbin yang akan digunakan. Pada airfoil jenis ini mempunyai thickness 12.00%, maximal chamber 4.00% dan menggunakan reynold number sebesar 1.000.000. Airfoil yang akan digunakan mempunyai nilai  $C_l$  sebesar 1.281 dan nilai  $C_d$  mempunyai nilai 0.0011 dengan sudut  $\alpha$   $7^0$ . Pada gambar 16 menunjukkan Desain air foil dari beberapa segmen menjadi sebuah rotor blade. Pada kajian ini menggunakan banyaknya blade 3.



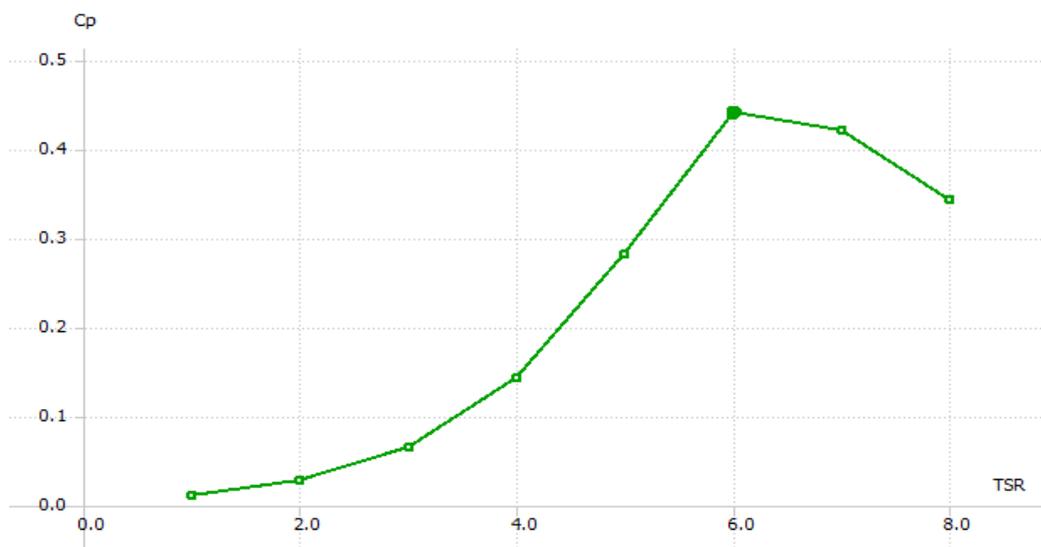
Gambar 15. XFOIL direct analysis



Gambar 16. Rotor Balde



Gambar 16. Variasi kecepatan angin terhadap *Tip Speed Ratio* (TSR)

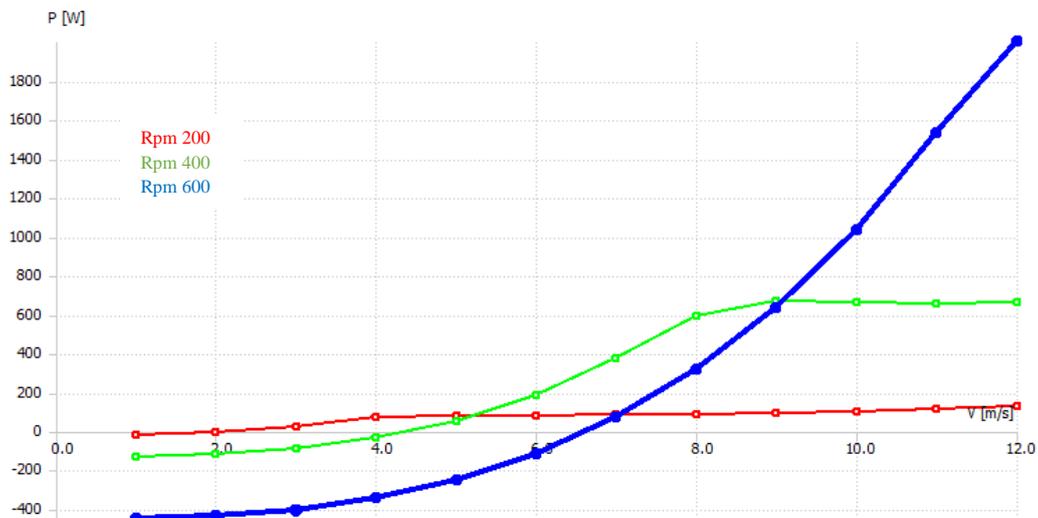


Gambar 17. Kecepatan angin 7 m/s pada TSR tertinggi terhadap

Pada gambar 16 menunjukkan hubungan antara variasi kecepatan angin 1 m/s hingga 7 m/s dengan Tip Speed Ratio (TSR) terhadap Power menunjukkan bahwa pada kecepatan tertinggi yaitu pada kecepatan 7 m/s mengeluarkan daya output sebesar 392.25 W dengan nilai TSR tertinggi pada TSR 6. Pada kecepatan angin 1 m/s hingga 7 m/s adanya kenaikan TSR dan daya hingga TSR 6, kemudian pada TSR 7 dan 8 mengalami penurunan hal ini dikarenakan pada TSR rendah sudut aliran kecepatan yang melewati blade sesuai dengan kondisi desain sehingga kerja rotor maksimum saat melakukan putaran. Kemudian pada TSR tinggi yaitu 7 dan 8 sudut aliran fluida yang melewati blade

besar sehingga terjadi separasi aliran yang mengakibatkan gaya lift menjadi kecil. Kemudian daya yang dihasilkan terkecil pada kecepatan angin terkecil 1 m/s begitu juga Tsr, hal ini dikarenakan aliran fluida yang melewati blade tidak mampu memberi gaya lift yang tinggi sehingga daya yang dikonversi menjadi kecil.

Pada gambar 17 Pada menunjukkan pada kecepatan tertinggi yaitu pada kecepatan 7 m/s dengan Nilai TSR terhadap *Coefitien Power* (CP) menunjukkan bahwa pada kecepatan 7 m/s dengan TSR 6 mempunyai nilai CP maksimal sebesar 0.47892. Kecepatan 7 m/s menunjukkan pada TSR rendah TSR 1 hingga TSR 6 menunjukkan kenaikan CP sedangkan pada TSR 7 dan 8 mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan nilai CP berpengaruh terhadap daya mekanik pada turbin angin sehingga daya yang dikonversi mengikuti nilai Cp.



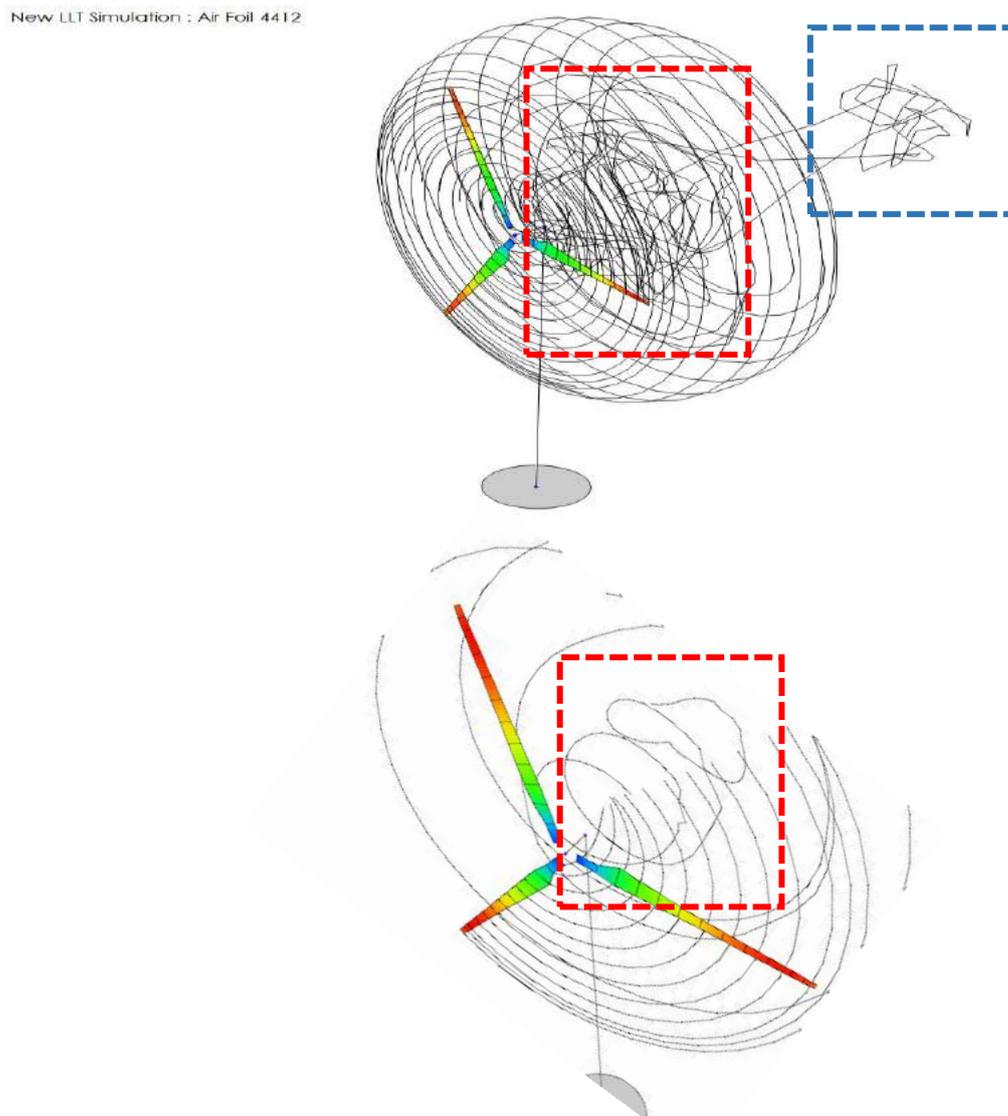
Gambar 18. Variasi Rpm terhadap variasi kecepatan angin

Gambar 18 menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin berbanding lurus dengan besar kecilnya Rpm. Pada Rpm 200 terlihat bahwa daya yang dihasilkan terhadap variasi kecepatan menunjukkan grafik yang landai atau tidak naik secara signifikan, hal ini dikarenakan aliran fluida yang melewati turbin angin tidak dapat dikonversi oleh turbin angin secara keseluruhan hal ini dikarenakan pengaruh dari perancangan Rpm pada turbin angin. Pada Rpm 400 menunjukkan kenaikan signifikan pada kecepatan 6 m/s hingga 8 m/s hal ini dikarenakan fluida yang terserap pada konversi turbin angin sesuai dengan Rpm atau sesuai dengan desain. Kemudian pada Rpm tertinggi yaitu Rpm 600

menunjukkan kenaikan secara terus menerus berdasarkan kecepatan angin, hal ini dikarenakan aliran fluida yang diserap oleh turbin angin dapat secara maksimal, sehingga dapat dilihat bahwa variasi kecepatan angin berbanding lurus terhadap Rpm.

### 4.3. Aerodinamika Turbin Angin

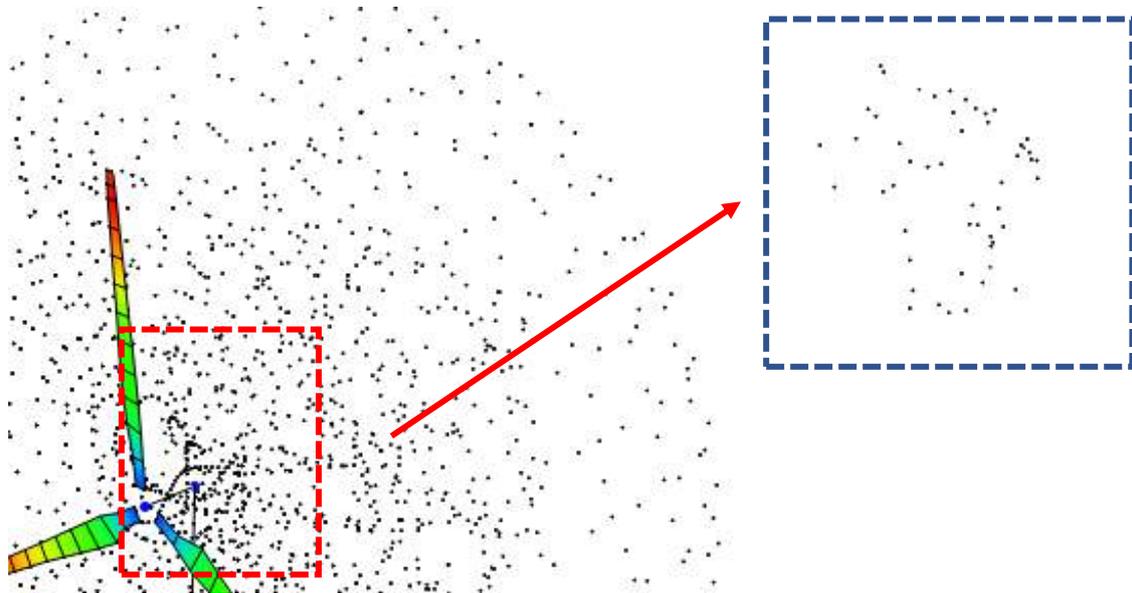
Aerodinamika turbin angin dapat dikaji dengan memperhatikan dan menganalisis aliran fluida yang melewati rotor. Sehingga fenomena aliran akan terbentuk dan dapat dianalisis dampak yang terjadi terhadap aliran yang melewati turbin angin tersebut.



Gambar 19. Separasi Aliran dan Wake dengan Kecepatan angin 7m/s pada TSR 6

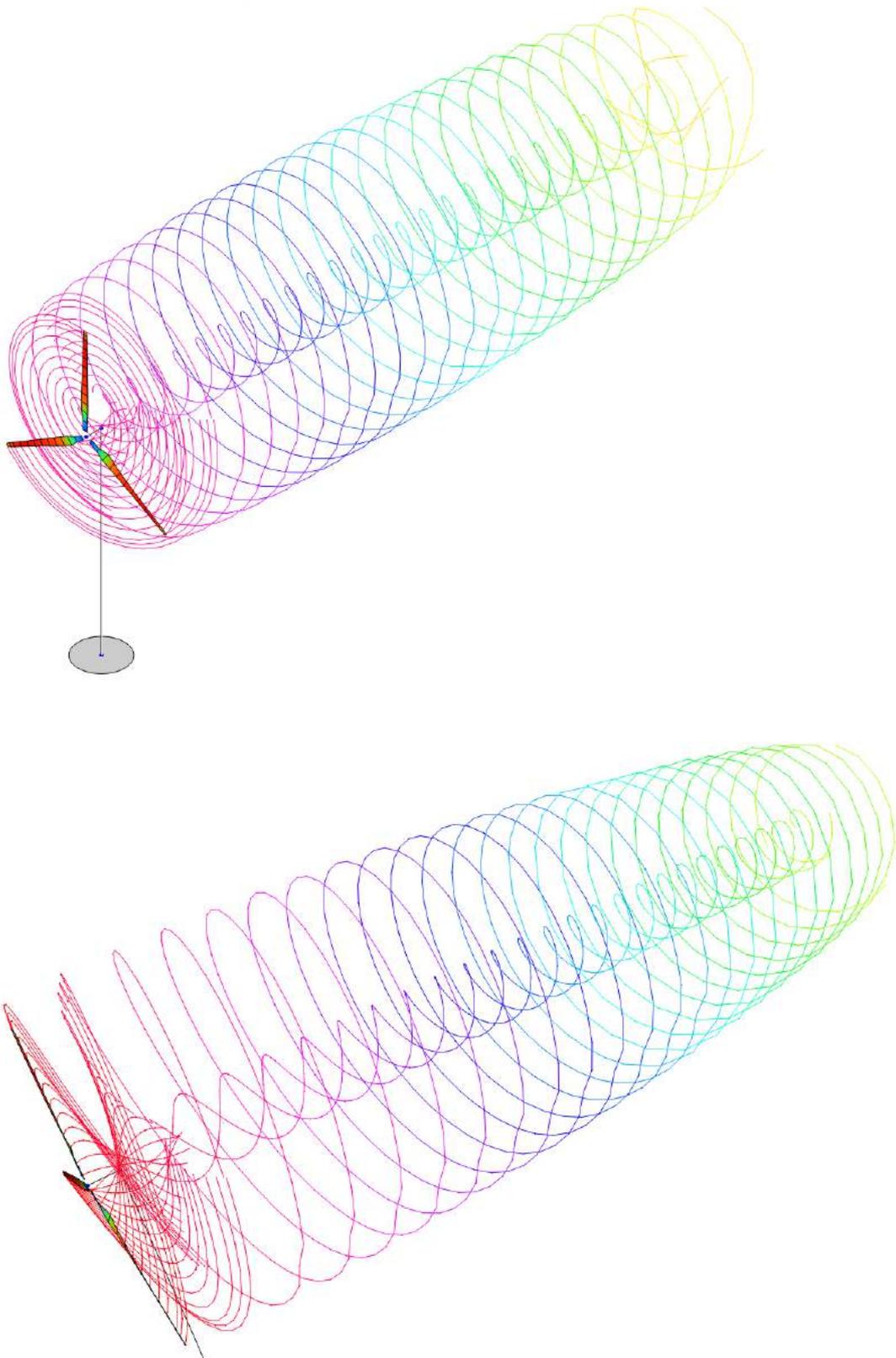
Pada gambar 18 menunjukkan aliran fluida yang melewati rotor terjadinya golakan. Separasi aliran terjadi secara berlahan mengikuti gerak blade. Separasi aliran pada blade

terjadi dikarenakan adanya vorticity yang terjadi sangat besar sehingga energi dan momentum yang ada tidak bisa mengatasi adverse pressure gradient dan adanya pengaruh gesekan antara fluida dengan permukaan blade. Sparasi dimulai dari titik titik dimana terjadi perubahan kecepatan setelah melewati blade (pada gambar kotak merah), terjadi titik awal sparasi aliran yang menimbulkan wake sehingga efeknya dapat mengurangi gaya Lift pada rotor dan memperbesar gaya drag pada rotor.



Gambar 20. Vortex Node

Gambar 20 menunjukkan vortex nodes pada turbin angin. Proses pembentukan vortex dipengaruhi oleh kondisi aliran dan geometri bentuk benda. Terlihat jelas aliran berputar setelah melewati blade, kemudian ditengah blade atau pada hub terjadi sparasi aliran yang mana node-node mulai bergolak. Kecepatan tertinggi pada bagian Tip turbin angin dan gangguan terbesar pada bagian Hub turbin angin. Besar kecilnya daya keluaran tergantung energi yang dikonversikan daya angin sebelum dan sesudah melewati blade, sehingga jika pada blade terjadi banyak gangguan aliran fluida, maka kondisi tersebut akan menurunkan nilai lift dan memeperbesar drag force.



Gambar 21. Visualisasi Bentuk aliran

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data dan simulasi dapat disimpulkan bahwa potensi tempat pengambilan data rata-rata pada kecepatan 3-4 m/s, sehingga perlu dikembangkan jenis atau model turbin angin yang dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah. Kemudian dalam perancangan turbin harus disesuaikan antara kecepatan angin dengan Rpm pada turbin angin.

Besar kecilnya drag force pada turbin angin tergantung pada fenomena aliran yang terjadi saat fluida melewati turbin angin dan adanya gesekan terhadap permukaan blade. Hal yang sering terjadi gangguan turbin angin adalah adanya seprasi aliran dan adanya wake, sehingga fenomena ini dapat memperkecil lift force dan memperbesar drag force.

### **5.2. Saran**

Perlu adanya kajian secara menyeluruh dalam meningkatkan daya papa perancangan turbin angin pada kondisi kecepatan angin rendah dan memperkecil drag force pada turbin angin.

## REFERENSI

- Arin, W dan Septiana, K. 2019. *Distribusi Weibull Kecepatan Angin Wilayah Kecamatan Pangarengan Kabupaten Sampang Madura*. Reka Buana. Universitas Islam Madura.
- BPS, 2018. *Provinsi Lampung Dalam Angka 2017*, Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung <https://lampung.bps.go.id>. (diakses 2 Februari 2020).
- Dita, A. 2016. *Analisis Potensi Angin Di Pantai Baru Pandansimo Kabupaten Bantul*. Universitas Gadjah Mada.
- Iesr. *Geopolitik Energi Terbarukan 2019*. <http://iesr.or.id/energi-terbarukan-memetakan-ulang-peta-geopolitik-energi-dunia-di-abad-ke-21/>. (Diakses 2 Februari 2021).
- Effran. *Konsumsi Listrik Di Lampung Tumbuh Capai 9.2 Persen*. <https://www.lampost.co/berita-konsumsi-listrik-di-lampung-tumbuh-capai-9-27-persen.html>. (Diakses 2 Februari 2020).
- Firman, A, dkk, 2013. Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal, *Dinamika Teknik Mesin, Volume 3 No. 1*.
- Husaini, dkk. 2017. *Analisis Potensi Tenaga Angin Menggunakan Metode Weibull di Waduk Keliling Aceh Besar*. Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro. Universitas Syiah Kluala.
- Kementrian ESDM 2016. *Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan. Jurnal Energi Media Komunikasi Kementrian ESDM*. Edisi 2 EBTKE.
- Kementrian ESDM 2019. *Kebijakan, Regulasi dan inisiatif Pengembangan Energi di Indonesia*. Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan.
- Khairiaton, dkk. 2016 . *Analisa Kecepatan Angin Menggunakan Distribusi Weibull di Kawasan Blang Bintang Aceh Besar*. Jurnal Of Aceh Physics Society (JacPS) Vol.5. Universitas Syiah Kuala.
- Maidi. S dan Pribadyo. 2015 . *Studi Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Kawasan Meulaboh*. Jurnal Mekanova Vol.1.No.1. Universitas Teuku Umar.
- Mathew, S., 2006. *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Raghel Y, dkk. 2015. *Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Kota Gorontalo*. Universitas Gorontalo.

Sam, Alimudin dan Patabang Daud, 2015. *Studi Energi Angin Di Kota Palu untuk Membangkitkan Energi Listrik*. Jurnal SMARTek, Vol.3 No.1.Palu : Tadulako.

Shailiendra, S dan Probhat, R. 2017. *Analysis of NACA 4415 Blade Profile for Horizontal Axis Wind Turbine Using Various Aerodynamic Characteristics*. International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR). Volume-7, Issue-7

Veksha, R dan Anil,K. 2017. *Design and Simulation of Small Wind Turbine Blades in Q-Blade*. International Journal of Engineering Development and Research (IJEDR). Volume 5, Issue 4

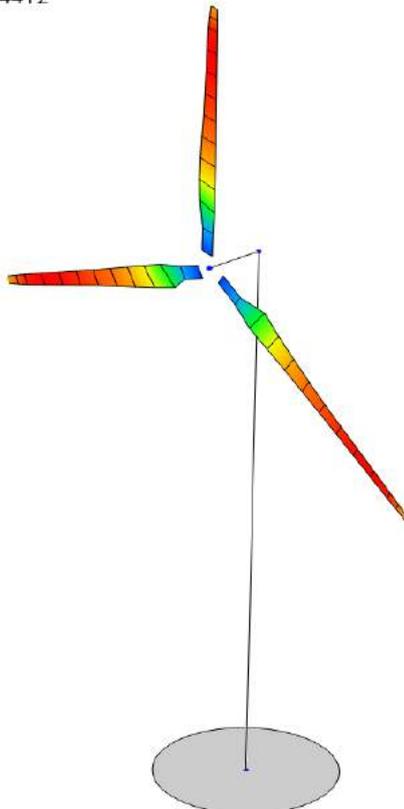
Zora U, dkk. 2018. *Potensi Energi Listrik Tenaga Angin Di Kota Pontianak*. Prisma Fisika. Vol. VI. Universitas Tanjung Pura.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

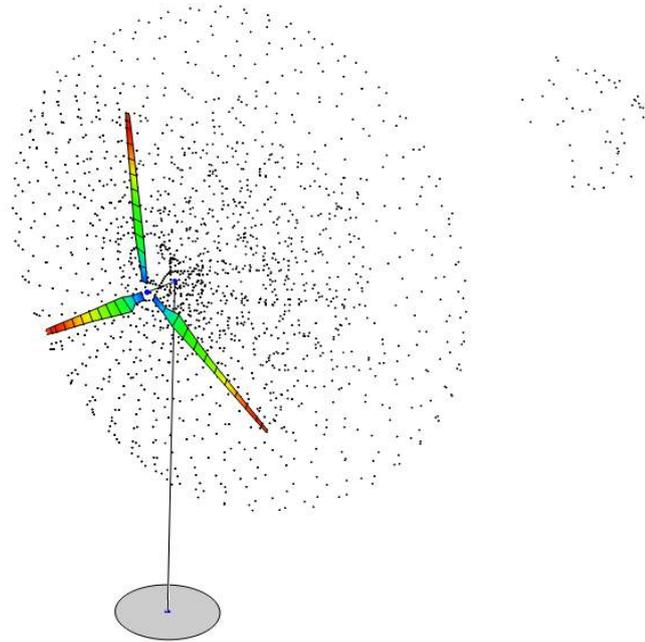




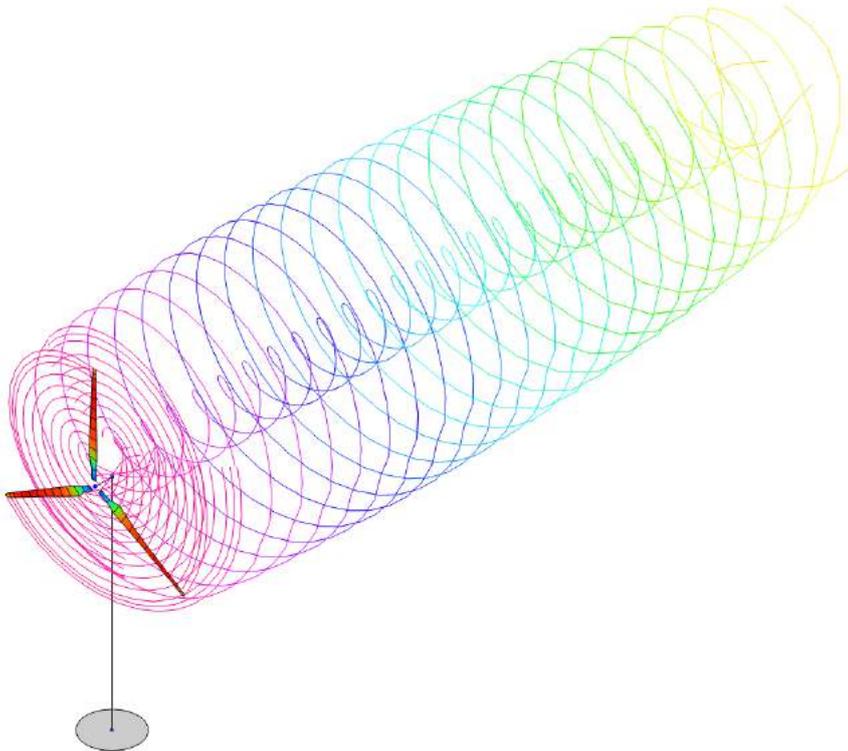
New LLT Simulation : Air Foil 4412



New LLT Simulation : Air Foil 4412



SIMULATION TURBINE 4412 : Air Foil 4412



## Output Penelitian



### The 2nd Universitas Lampung International Conference on Science, Technology and Environment

Secretariat: Institute of Research and Community Service,  
Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro, RW.No: 1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota  
Bandar Lampung, Lampung 35141  
Email: [ulicoste01@kpa.unila.ac.id](mailto:ulicoste01@kpa.unila.ac.id) Web: <https://ulicoste.unila.ac.id/>

---

#### LETTER OF ACCEPTANCE

Dear Mr Agus Sugiri, et al

Thank you for submitting your manuscript for presentation at The 2nd Universitas Lampung International Conference on Science, Technology and Environment (ULICoSTE) 2021, "*Promoting Synergy Trought Collaborative Research in Science and Technology for Digital Transformatio*" to be held online on August 27 - 28 , 2021 at Bandar Lampung, Indonesia.

Your manuscript entitled: "**AERODYNAMIC ANALYSIS OF HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT) DESIGN USING Q-BLADE SOFTWARE**" has been peer-reviewed and accepted, Congratulations! Please be advised that your manuscript is recommended for publication in (**International Conference Proceedings (AIP) - Indexed Scopus**). For further information, please visit our official website at <https://ulicoste.unila.ac.id/>.

We look forward to seeing you at the Conference.

Kind regards,

**ULICoSTE 2021 Committee**

Website	: <a href="https://ulicoste.unila.ac.id/">https://ulicoste.unila.ac.id/</a>
Email	: <a href="mailto:ulicoste01@kpa.unila.ac.id">ulicoste01@kpa.unila.ac.id</a>
Contact Persons	: <a href="https://wa.me/6281559678993">https://wa.me/6281559678993</a> (Sofyan) <a href="https://wa.me/6282281853216">https://wa.me/6282281853216</a> (Nur Hayati)