

## **TUGAS AKHIR**

# **PEMBUATAN ROTOR TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN KAPASITAS MAXIMUM 300 WATT**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**DENU ANGGARA**

**1507230082**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Denu Anggara

NPM : 1507230082

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Pembuatan Rotor Turbin Angin *Savonius* Dengan Kapasitas Maksimum 300 Watt

Bidang ilmu : Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 12 Agustus 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Ahmad Marabdi Siregar, S.T, M.T

Dosen Penguji II




H. Muharnif, S.T, M.Sc

Dosen Penguji III



Chandra Amirsyahputra Siregar, S.T, M.T

Dosen Penguji IV



Affandi, S.T, M.T.

Program Studi

Teknik Mesin Ketua,

Chandra Amirsyahputra Siregar, S.T, M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Denu Anggara  
Tempat /Tanggal Lahir : Bulu Cina, 12 November 1996  
NPM : 1507230082  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius Dengan Kapasitas Maximum 300 Watt...”**,


Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 12 Agustus 2021

Saya yang menyatakan,

  
6B003AJX480327086 Denu Anggara

## ABSTRAK

Energi listrik sangat diperlukan untuk kehidupan sehari-hari, begitu banyak penggunaan energi listrik menimbulkan kekhawatiran akan timbulnya krisis energi yang disebabkan menipisnya bahan bakar fosil. Belawan merupakan salah satu kota di provinsi Sumatera Utara yang memiliki potensi angin yang cukup banyak, kurangnya pemanfaatan energi angin dikalangan masyarakat membuat angin terbuang sia sia begitu saja. Adapun dilakukan penelitian ini untuk memanfaatkan energi angin yang terbuang menjadi energi listrik dengan cara pembuatan rotor turbin angin savonius, turbin angin yang dibuat terdiri dari 6 sudu atau bisa juga disebut 3 sudu bertingkat. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu kecepatan angin tertinggi terjadi pada tanggal 11 April 2020 di siang hari dengan besar kecepatan 5,43 m/s dengan besaran tegangan 14,6 volt. Kecepatan angin terendah terjadi pada tanggal 12 April 2020 di pagi hari dengan besar 0,72 m/s dan besar tegangan 1,5 volt. Dan koefisien daya tertinggi yaitu sebesar 1,6 dan terendah 0,02.

Kata kunci: turbin angin, rotor savonius, kecepatan angin

## **ABSTRACT**

*Electrical energy is very necessary for everyday life, so much use of electrical energy raises concerns about an energy crisis caused by the depletion of fossil fuels. Belawan is one of the cities in the province of North Sumatra which has quite a lot of wind potential. The lack of use of wind energy among the community makes wind just wasted. This research was carried out to utilize the wasted wind energy into electrical energy by making a savonius wind turbine rotor, a wind turbine made consisting of 6 blades or it could also be called 3 multilevel blades. The results obtained in this study are that the highest wind speed occurred on April 11, 2020 at noon with a speed of 5.43 m/s with a voltage of 14.6 volts. The lowest wind speed occurred on April 12, 2020 in the morning with a magnitude of 0.72 m/s and a voltage of 1.5 volts. And the highest power coefficient is 1.6 and the lowest is 0.02.*

*Keywords: wind turbine, rotors, savonius*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan Rotor Turbin Angin *Savonius* Dengan Kapasitas Maximum 300 Watt” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis mengucapkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Candra A Siregar, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Affandi, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak H. Muharnif, S.T, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Candra A Siregar, S.T, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

8. Orang tua penulis: Kahar dan Ita Erna Wati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Dicky Julianto, Nurman Syahputra, Rizky Wibowo, dan Koko Sudarmawan, yang sudah bersama sama melakukan penelitian tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik mesin.

Medan, 12 Agustus 2021

Denu Anggara

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1 Tinjauan Pustaka	3
2.2 Landasan Teori	5
2.2.1 Pengertian Energi Angin	5
2.2.2 Pengertian Turbin	5
2.2.3 Pemilihan Lokasi Jenis Turbin Angin	7
2.2.4 Pembangunan Turbin Angin	8
2.3 Karakteristik Turbin Angin	9
2.3.1 Jenis-jenis Turbin Angin	9
2.3.1.1 Turbin angin sumbu horizontal (TASH)	10
2.3.1.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)	12
2.4 Sudu Turbin	12
2.4.1 Efek Defleksi Sudu Terhadap Kecepatan Lokal	12
2.4.2 Efek Defleksi Sudu Terhadap Diameter Efektif	12
2.4.3 Efek Defleksi Sudu Terhadap Perubahan Arah Gaya Aerodinamika	13



2.4.4 Efek Defleksi Sudu Terhadap Distribusi Sudut Puntir	13
2.5 Teori Dasar	13
2.5.1 Energi Kinetik	13
2.5.2 Daya Tersedia	13
2.5.3 Daya Turbin Angin	14
2.6 Teori Momentum	14
2.7 Generator	15
2.7.1 Prinsip Kerja Generator	15
2.8 Baterai	16
2.8.1 Prinsip kerja baterai	16
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>18</b>
3.1 Tempat dan Waktu Pembuatan	18
3.1.1 Tempat	18
3.1.2 Waktu Pembuatan	18
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat	19
3.2.1.1 Tachometer	19
3.2.1.2. Anemometer	20
3.2.1.3 Multiemeter	20
3.2.1.4 Mesin Bor	21
3.2.1.5 Mesin Gerinda	21
3.2.1.6 Penggaris siku	22
3.2.1.7 Kunci inggris	22
3.2.1.8 Tang	22
3.2.1.9 Amplas/kertas pasir	23
3.2.1.10 Mesin las listrik	23
3.2.2 Bahan	24
3.2.2.1 Plat besi	24
3.2.2.2 <i>Bearing</i>	24
3.2.2.3 Generator	25
3.2.2.4 Bantalan Generator	25
3.2.2.5 Baut dan mur	26

3.2.2.6 Baterai	26
3.2.2.7 Kabel / wayar	27
3.2.2.8 Pipa besi	27
3.3 Diagram Alir	28
3.4 Prosedur pembuatan	29
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>30</b>
4.1 Proses Pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius	30
4.1.1 Pembuatan Poros	30
4.1.2 Pembuatan Sudu	31
4.1.3 Pembuatan Disc	33
4.1.4 Proses Pengelasan	33
4.1.5 Proses Finishing	33
4.2 Proses Pembuatan Dudukan Generator	34
4.2.1 Besi Plat	34
4.2.2 Proses Pengukuran	36
4.2.3 Proses Pemotongan	36
4.2.4 Proses Pengeboran Besi Plat	37
4.2.5 Pengelasan Besi Plat Dudukan Generator	38
4.2.6 Hasil pembuatan dudukan generator	38
4.3 Proses Pengujian	39
4.3.1 Hasil Pengujian Kecepatan Angin Terhadap Tanggal Pengujian	40
4.3.2 Hasil Pengujian Temperatur Terhadap Tanggal Pengujian	41
4.3.3 Hasil Pengujian Kecepatan Angin dari BMKG Belawan	41
4.3.4 Hasil Pengujian Putaran Turbin Terhadap Tanggal Pengujian	42
4.3.5 Hasil Pengujian Tegangan Terhadap Tanggal Pengujian	42
4.4 Prosedur Pengoperasian	43
4.5 Spesifikasi Harga Bahan	45
4.6 Spesifikasi Perawatan Alat	45

<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan pembuatan	18
Tabel 4.2 Spesifikasi Harga Bahan	45
Tabel 4.3 Spesifikasi Perawatan Alat	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pemilihan lokasi	7
Gambar 2.2 Pemilihan jenis turbin angin	8
Gambar 2.3 Lokasi turbin angin	8
Gambar 2.4 Lokasi turbin angin sebagai ikon wisata kuliner	9
Gambar 2.5 Turbin angin sumbu horizontal (TASH)	10
Gambar 2.6 Turbin angin sumbu vertikal (TASV)	11
Gambar 2.7 Generator	15
Gambar 2.8 Baterai	16
Gambar 3.1 Tachometer	19
Gambar 3.2 Anemometer	19
Gambar 3.3 Multimeter	20
Gambar 3.4 Mesin bor	20
Gambar 3.5 Mesin gerinda	21
Gambar 3.6 Penggaris siku	21
Gambar 3.7 Kunci inggris	22
Gambar 3.8 Tang	22
Gambar 3.9 Amplas/kertas pasir	23
Gambar 3.10 Mesin las	23
Gambar 3.11 Plat besi	24
Gambar 3.12 <i>Bearing</i>	24
Gambar 3.13 Generator	25
Gambar 3.14 Bantalan generator	25

Gambar 3.15 Baut dan Mur	26
Gambar 3.16 Baterai	26
Gambar 3.17 Kabel / Wayar	27
Gambar 3.18 pipa besi	27
Gambar 4.1. Pipa Besi	28
Gambar 4.2. Pemotongan Pipa Besi	30
Gambar 4.3. Plat Galvanis	30
Gambar 4.4. Pengukuran plat besi Galvanis	31
Gambar 4.5. Pemotongan Plat Galvanis	31
Gambar 4.6. Proses Melengkungkan Sudu	32
Gambar 4.7. Proses Penggabungan Poros, Sudu, Disc	32
Gambar 4.8. Proses Pengelasan	33
Gambar 4.9. Hasil turbin angin savonius	33
Gambar 4.10. Proses Pengecatan Turbin	33
Gambar 4.11. Hasil Pengecatan	34
Gambar 4.12. Besi Plat	34
Gambar 4.13. Pengukuran Besi Plat	35
Gambar 4.14. Pemotongan Besi Plat	35
Gambar 4.15. Proses Pengeboran Besi Plat	36
Gambar 4.16. Hasil Besi Plat selesai dibor	36
Gambar 4.17. Proses Pengelasan	37
Gambar 4.18. Hasil Jadi Pembuatan Dudukan Generator	37
Gambar 4.19. Penyangga Savonius	38

Gambar 4.20	Grafik Pengujian Kecepatan Angin Terhadap Tanggal Pengujian	40
Gambar 4.21	Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Tanggal Pengujian	41
Gambar 4.22	Grafik Pengujian Kecepatan Angin Terhadap Tanggal BMKG	42
Gambar 4.23	Grafik Pengujian Putaran Turbin terhadap Tanggal Pengujian	43
Gambar 4.24	Grafik Pengujian Tegangan Terhadap Tanggal Pengujian	44

## DAFTAR NOTASI

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
$P\omega$ =	Daya angin tersedia	(W)
$A$ =	Luas permukaan yang Diekspose	(m <sup>2</sup> )
KE =	Faktor pola energy	
$\rho$ =	Kerapatan massa udara	(kg/m <sup>3</sup> )
$U$ =	Kecepatan angin rata-rata	(m/det)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembuatan Rotor Turbin Angin *Savonius* dilakukan karena terlalu banyak penggunaan energi listrik yang digunakan setiap harinya. sehingga dapat menyebabkan kekhawatiran akan timbulnya krisis energi yang disebabkan menipisnya bahan bakar fosil.

Setiap harinya banyak energi angin yang terbuang begitu saja, kurangnya kepedulian masyarakat untuk memanfaatkan energi angin tersebut, dengan adanya energi angin ini bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan sumber energi listrik. Turbin angin merupakan satu sarana yang memutar generator dengan mengubah energi kinetis dalam angin menjadi energi mekanik dan mengubah menjadi energi listrik.

Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Beberapa kelebihan energi terbarukan adalah sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar.

Cara yang tepat untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik adalah dengan cara Pembuatan Rotor Turbin Angin *Savonius* yang sesuai dengan kondisi angin di wilayah tersebut. Pembuatan rotor turbin angin berpengaruh pada kinerja turbin angin.

Turbin *Savonius* diciptakan pertama kali di negara Finlandia dan berbentuk S apabila dilihat dari atas. Turbin *Savonius* adalah salah satu jenis turbin angin sederhana. Turbin ini merupakan jenis turbin angin sumbu vertikal dan tidak terpengaruh oleh arah angin sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah

Turbin angin dibedakan menjadi dua yaitu turbin angin sumbu horizontal atau HAWT (*horizontal axis wind turbine*) dan turbin angin sumbu vertikal atau VAWT (*vertical axis wind turbine*). Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin yang cocok untuk dikembangkan, turbin ini bisa menjadi alternatif untuk menghasilkan energi listrik karena turbin ini memiliki beberapa kelebihan yaitu perawatan turbin mudah untuk dilakukan, turbin tidak harus diarahkan keangin untuk bekerja kemudian turbin bisa bekerja pada kondisi angin yang relative rendah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka dapat suatu rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana cara pembuatan rotor turbin angin savonius dengan kapasitas maximum 300 watt.
2. Bagaimana cara pembuatan rotor turbin angin savonius dengan menggunakan tipe 3 sudu bertingkat.
3. Bagaimana cara rotor turbin angin savonius dapat menghasilkan energi listrik.

## 1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini agar lebih terarah dan fokus pada satu permasalahan maka dari itu diberi batasan masalah, adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah Pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius dengan menggunakan bahan plat galvanis yang memiliki ketebalan 0,5 mm dengan kapasitas maximum 300 watt, desain gambar dilakukan dengan teknik *Solidwork*.

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang didapat pada pembuatan rotor turbin angin savonius dengan kapasitas 300 watt.

1. Untuk membuat rotor turbin angin savonius dengan kapasitas maximum 300 watt.
2. Untuk membuat rotor turbin angin savonius dengan menggunakan tipe 3 sudu bertingkat.
3. Untuk menganalisis energi listrik dengan kecepatan angin dalam kondisi angin yang tidak stabil dan relative rendah.

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dalam pembuatan rotor turbin angin savonius ini adalah :

1. Memanfaatkan energi angin yang terbuang dan meniadikannya energi listrik.
2. Menghasilkan rotor turbin angin yang dapat menerima angin tidak stabil dan relative rendah.
3. Memperoleh rotor turbin angin yang lebih efisien dalam menghasilkan energi.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk mendukung penelitian ini, berikut dikemukakan hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini:

Androga (2015), secara geografis Indonesia berpotensi besar untuk mengembangkan pembangkit energi alternatif terbarukan tersebut salah satunya adalah angin. Angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang dikembangkan saat ini. Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui alam.

Soelaiman (dkk) 2007, melakukan beberapa penelitian tentang beberapa macam blade, yaitu savonius dengan blade tipe U dan savonius blade tipe L. Dari hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa blade tipe L menghasilkan unjuk kerja yang paling baik dibandingkan dengan tipe lain.

Hendra A. (2012), melakukan penelitian *Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius*. Menggunakan metode penelitian eksperimental dengan variasi jumlah sudu: 2,3 dan 4 buah dengan variable bebas kecepatan angin pada *wind tunnel* dari kecepatan 3 m/s. Didapatkan hasil analisis bahwa turbin angin memiliki unjuk kerja yang tinggi dibandingkan dengan jumlah sudu yang lain. Pada penelitian ini telah dilakukan perencanaan, pembuatan dan pengujian turbin angin savonius dua tingkat menggunakan sudu tipe L. Terdapat banyak turbin angin yang bisa dimanfaatkan sebagai konversi energi. Secara garis besar menjadi dua yaitu turbin angin vertikal dan turbin angin horizontal. Masing-masing jenis memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing.

Hardiantono and Sumbung, (2012), menambahkan energi angin merupakan salah satu sumber energi alternatif ramah lingkungan yang dapat digunakan dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik.

Blackwell, (1977), turbin angin savonius ini cukup sederhana dan praktis tidak dipengaruhi oleh arah angin turbin angin savonius mengkonversikan energy angin menjadi energi mekanis dalam bentuk gaya dorong (*drag force*). Sebagian sudu mengambil energi angin sebagian sudu lagi melawan angin. Sudu yang mengambil energi angin disebut *downwind* sedangkan sudu yang melawan angin disebut *upwind*. Energi angin diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian bawah turbin angin.

Kadir A (1985), turbin angin adalah sebuah sistem yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik pada poros turbin tersebut. Energi angin dikonversikan sebagai energi putar oleh rotor, dengan atau tanpa roda gigi, putaran rotor tersebut biasanya digunakan untuk memutar generator yang akan menghasilkan energi listrik.

Keawsuntia (2013), turbin angin multi-blade sederhana adalah teknologi alternatif untuk menghasilkan listrik untuk penggunaan rumah tangga karena konstruksinya yang murah. Turbin angin multi-blade sederhana hanya terdiri dari baling-baling dan generator. Dengan kedua komponen tersebut sudah dapat dihasilkan energi listrik. Angin yang berhembus memiliki energi sehingga mampu memutar baling-baling sudu angin yang terhubung dengan generator. Dengan berputarnya generator dimanfaatkan langsung ke beban seperti lampu atau peralatan elektronik lainnya.

R.A. Siregar, Dkk (2019), pengembangan turbin angin *Darrieus* dan *Savonius* dengan menjadikan salah satu bukti fisik alamiah atau buatan sebagai ikon wisata laut di Belawan tepatnya di Titi Panjang dimana energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin tersebut digunakan sebagai penerangan di Titi Panjang dan sekitar.

Napitupulu and mauritz, (2013), dalam pemanfaatan angin sebagai sumber energi listrik alternatif, para peneliti sebelumnya telah berhasil merancang berbagai jenis turbin angin yang mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik. Salah satunya turbin angin sederhana adalah multi-blade.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Pengertian Energi Angin

Energi angin adalah merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan guna menggantikan sumber energi berbahan fosil. Salah satu bentuk dari pemanfaatan energi angin adalah sebagai sumber energi untuk pembangkit tenaga listrik. Namun pemanfaatan energi angin terkhususnya di Indonesia belum maksimal hal ini dikarenakan mahalanya pembuatan turbin angin. Sebagian besar energi yang digunakan di Indonesia menggunakan berasal dari energi fosil yang berbentuk minyak bumi dan gas bumi. Tergantung terhadap bahan bakar fosil setidaknya memiliki tiga ancaman serius, yakni:

1. Menipisnya cadangan minyak bumi.
2. Kenaikan atau ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak.
3. Polusi gas rumah kaca (terutama  $CO_2$ ) akibat pembakaran bahan bakar fosil. Kadar  $CO_2$  saat ini disebut sebagai yang tertinggi selama 125 tahun belakangan ini, efek buruk  $CO_2$  terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi.

### 2.2.2 Pengertian Turbin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara eropa lainnya dan dikenal dengan windmill. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin

(Daryanto, 2007). Masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (contohnya: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarui (contoh: batubara, minyak bumi,) sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik.

Umumnya daya efektif yang dapat dipanen oleh sebuah turbin angin hanya sebesar 20%-30%. Prinsip dasar kerja turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik.

Turbin angin dipasang diatas struktur menara tinggi (biasanya diatas 80 meter) untuk dapat berpotensi pada ketinggian yang diperlukan. Turbin angin memanfaatkan aliran angin pada ketinggian yang lebih tinggi karena kecepatannya yang lebih tinggi dan lebih konstan (karena pengaruh penurunan drag). Listrik dihasilkan ketika baling-baling pada turbin angin diputar oleh aliran angina, yang membuat rotor berputar. Rotor mentransfer kekuatan ke generator (memalui gearbox) yang pada gilirannya mentransmisikan daya yang telah dikonversikan ke sebuah transformator dan akhirnya ke jaringan grid. Sebuah turbin angin konvensional dapat menghasilkan daya listrik berkisar 1,5-7 MW, tergantung pada ukuran, desain, dan aliran angina dilokasinya dipasang.

Turbin angin biasanya didirikan didarat (dikenal sebagai turbin angin darat) maupun di laut (turbin angin lepas pantai). Turbin angin darat memiliki kelebihan yakni biaya instalasi yang murah dibandingkan turbin angin lepas pantai.

Namun turbin lepas pantai memiliki kelebihan dari segi hembusan angin yang lebih konstan, karena banyak ditemukan dilaut. Selain itu, juga memungkinkan untuk dipasang dengan kapasitas yang lebih besar.

Pada skala produksi yang besar, turbin angin listrik diinstal dalam bentuk ladang angin. Ladang angin besarnya dapat mencapai beberapa mil persegi dan terdiri dari berberapa ratus turbin. Ladang angin yang terletak didarat disebut ladang angin darat dan ladang angin yang dietakkan dilaut disebut ladang angin lepas pantai. Lokasi turbin angin yang terbaik adalah yang memiliki hembusan konstan, kecepatan angin yang non-turbulen minimal 10 m/h (16 km/h), dan terletak didekat sebuah sistem transmisi.

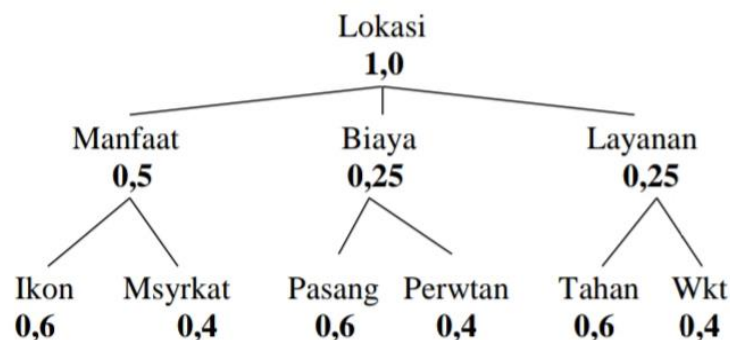
### 2.2.3 Pemilihan Lokasi Jenis Turbin Angin

Proses pemilihan lokasi dan jenis turbin angin dilakukan dengan menggunakan metode matrik keputusan (Pugh 1990). Metode ini umum digunakan dalam bidang teknik untuk membuat keputusan dalam perancangan produk tetapi juga dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Dengan menggunakan nilai skala 5 dimulai dari 0 hingga 4, kriteria tertentu diberi pemeringkatan dan pada akhirnya penjumlahan dengan nilai terbesar yang dianggap paling baik.

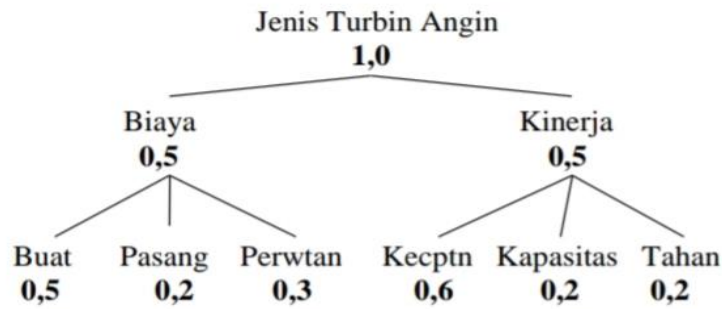
Tiga pilihan lokasi pembangun turbin angin menjadi opsi yang akan dipilih yaitu (1) pelabuhan penumpang dan kargo belawan, (2) Dermaga rakyat penyebrangan titi panjang dan (3) pelabuhan perikanan Gabeon. Ketiga lokasi ini memiliki kelebihan dan kekurangan yang akan dipilih berdasarkan 6 (enam) kriteria yang dianggap bersesuaian seperti diperlihatkan dalam bentuk pohon objektif dalam gambar 2.1(a). factor kualitas dalam pohon objektif ini dibagikan atas tiga bagian, factor manfaat 50%, factor biaya 25% dan factor layanan 25%.

Factor manfaat menekankan pada pemanfaatan turbin angin bagi wisata laut/kuliner dan masyarakat sekitar. Faktor biaya terdiri atas biaya pembuatan/pembelian, pemasangan dan perawatan. Faktor terakhir adalah faktor layanan adalah daya tahan dan waktu pembuatan.

Untuk pemilihan jenis turbin, tiga jenis turbin angin dibandingkan yaitu jenis vertikal, horizontal dan kombinasi Darriues dan Savonius. Ketiga ini akan diseleksi dengan menggunakan dengan 6 kriteria seperti ditunjukkan dalam pohon objektif dalam gambar 2.2(b).



Gambar 2.1 Pemilihan Lokasi



Gambar 2.2 Pemilihan Jenis Turbin Angin

#### 2.2.4 Pembangunan Turbin Angin

Pembangunan turbin angin dilakukan dibelakang cafe marine menghadap kelaut berdampingan dengan dermaga rakyat Titi panjang seperti diperlihatkan dalam gambar 2.2. Pondasi untuk sepasang tiang turbin angin dibangun di sisi dermaga wisata laut yang sedang dalam pembangunan, Gambar 2(b) dan 2(d).

Pondasi tiang sedalam 1 Meter ditanamkan pada pinggiran laut dengan tujuan agar kuat dalam hempasan gelombang dan korosi, aliran listrik yang digunakan sebagai sumber listrik bagi masyarakat sekitar, dalam hal ini lampu-lampu di Cafe Marine dan lampu LED yang terbentang sepanjang dermaga Titi Panjang.

Tiang penyanggah dibuat setinggi 9 m dengan puncaknya dipasang turbin angin. Turbin Angin ini akan berputar dan menghasilkan listrik yang terhubung dengan kotroller. Kotroller berfungsi untuk mengatur besarnya aliran listrik masuk ke baterai dalam proses pengisian arus. Opsi otomatis OFF tersedia bila ternyata arus dalam baterai cukup dan opsi ON apabila ternyata arus kurang.



Gambar 2.3 Lokasi Turbin Angin





Gambar 2.4 Lokasi Turbin Angin Sebagai Ikon Wisata Kuliner Dan Laut  
(Chandra Amirsyahputra Siregar, 2019)

## 2.3 Karakteristik Turbin Angin

Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat saat ini adalah energy angin. Energi angin merupakan energi alam yang fleksibel. Angin adalah udara yang bergerak akibat dari perbedaan tekanan udara yang disebabkan oleh perbedaan suhu yang tidak merata dioermukaan bumi. Ketika udara bergerak dengan kecepatan tertentu, akan timbul energi kinetik yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik alternatif. Proyek akhir ini membuat alat yang digunakan untuk mengetahui karakteristik angin dan turbin agar dapat dibuat sesuatu pembangkit yang memanfaatkan secara optimal dimasa depan. Untuk dapat menghasilkan.

### 2.3.1 Jenis-jenis Turbin Angin

#### 2.3.1.1 Turbin angin sumbu horizontal (TASH)

Turbin angin horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik dipuncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. TASH sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir pelan menjadi lebih cepat berputar.



Gambar 2.5 Turbin angin sumbu horizontal (TASH).  
(Ridomanik 2014)

#### Kekurangan Turbin Angin Horizontal

- a. Membutuhkan kontroksi tower yang besar untuk mendukung beban gear box, blade dan generator.
- b. Membutuhkan sistem pengereman untuk mencegah turbin mengalami kerusakan pada turbin ketika ada angin kencang atau badai
- c. Membutuhkan pengawasan dan pengontrolan secara berkala untuk mengarahkan blade kearah angin.

#### Kelebihan Turbin Angin Horizontal

- a. Towernya yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar untuk mendapatkan energi.
- b. Efisiensi lebih tinggi. Hal ini dikarenakan blade selalu bergerak tegak lurus terhadap angin

#### 2.3.1.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)

Turbin angin sumbu vertikal atau tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna ditempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. TASV mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah. Jika dibandingkan dengan turbin angin horizontal, turbin angin ini memiliki kecepatan yang lambat, sehingga energi angin yang tersedia pun lebih rendah.



Gambar 2.6 Turbin angin sumbu vertikal (TASV).  
(Indonesia Alibaba 2009)

#### Kekurangan Turbin Angin Vertikal

- a. Memiliki penurunan efisiensi. Jika dibandingkan dengan turbin angin horizontal, turbin angin vertikal memiliki penurunan efisiensi hal ini dikarenakan adanya hambatan tambahan yang mereka miliki sebagai pisau memutar ke angin
- b. Memiliki kecepatan angin yang rendah. Yang kedua adalah jenis turbin ini memiliki kecepatan angina yang rendah. Karena turbin angina poros vertikal memiliki rotor dekat dengan tanah.

#### Kelebihan Turbin Angin Vertikal

- a. Yang pertama adalah turbin angin tidak memerlukan perawatan yang ekstra. Sehingga tidak membutuhkan biaya yang lebih banyak untuk merawatnya.
- b. Yang kedua adalah turbin angin juga sangat mudah dirawat karena letaknya yang dekat dengan tanah.
- c. Turbin angin ini memiliki kecepatan stratup angin rendah dibandingkan dengan turbin angina horizontal.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan didekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongkannya dan lebih muda diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga

putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas)). Bisa saja tercipta bisa saja saat kincir berputar.

Karena sulit dipasang diatas menara, turbin tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat turbin diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi yang sedikit. Aliran udara didekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan *bearing waryang* akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal.

## 2.4 Sudu Turbin Angin

Dalam memproduksi sudu turbin angin, sudu yang dihasilkan harus kaku (*rigid*). Hal ini dikarenakan semua teori dan perhitungan tentang *swirl manchine* pada umumnya dan sudu turbin angin pada khususnya dibangun pada asumsi bahwa arah aliran angin tegak lurus terhadap penampang lokal sudu. Apabila sudu terdefleksi pada saat berputar, maka efek ditimbulkan antara lain, kecepatan angin dalam arah normal disetiap penampang lokal sudu menjadi berkurang, diameter efektif sudu menjadi lebih kecil dari pada diameter semula, perubahan arah gaya-gaya aerodinamik dan distribusi sudut punter sepanjang sudu juga akan berubah.

### 2.4.1 Efek Defleksi Sudu Terhadap Kecepatan Lokal

Sudu turbin angin dirancang tegak lurus terhadap arah kecepatan angin. Apabila sudu mengalami defleksi, maka kecepatan angina dalam arah normal akan berkurang. Angin dalam arah normal. Oleh karena itu, semakin besar sudut defleksi sudu maka kecepatan angin dalam varah normal juga semakin berkurang dan secara langsung menyebabkan daya keluaran juga berkurang.

### 2.4.2 Efek Defleksi Sudu Terhadap Diameter Efektif

Defleksi sudu pada turbin angin menyebabkan efektif sudu menjadi lebih kecil dari pada diameter semula, berkurangnya diameter menyebabkan luas frontal yang terkena terpaan angin juga berkurang. Hal ini terjadi secara tidak

langsung menyebabkan energi angin yang dapat diserap oleh turbin angin juga akan berkurang.

#### 2.4.3 Efek Defleksi Sudu Terhadap Perubahan Arah Gaya Aerodinamika

Penampang sudu angin adalah aerofil. Karena adanya kecepatan angin dan kecepatan putar sudu, maka aerofil memperoleh kecepatan relatif yang merupakan penjumlahan kedua kecepatan tersebut dengan arah yang saling tegak lurus.

#### 2.4.4 Efek Defleksi Sudu Terhadap Distribusi Sudut Puntir

Penampang sudu secara umum berbentuk aerofil untuk mendapatkan rasio gaya angkat terhadap gaya hambat yang cukup baik.

### 2.5 Teori Dasar

#### 2.5.1 Energi Kinetik

Energi kinetik adalah yang dimiliki oleh suatu benda akibat pergerakan benda tersebut yang dituliskan.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.1)$$

Dengan  $E_k$  adalah energi kinetik (joule),  $m$  dalam kasus ini adalah massa udara (kg) dan  $v$  adalah kecepatan gerak udara atau angin dalam (m/s).

#### 2.5.2 Daya Tersedia

Distribusi frekuensi kecepatan angin disajikan dalam bentuk histogram (Daryanto, Y, 2007). Histogram yang paling tinggi menunjukkan kecepatan angin rata-rata. Kecepatan angin rata-rata dapat dihitung dengan persamaan (Daryanto, Y, 2007):

$$U = \frac{\sum t_i U_i}{\sum t_i} \quad (2.6)$$

$U$  = Kecepatan angin rata-rata (m/det)

$U_i$  = Kecepatan angin pengukuran (m/det)

$t_i$  = Waktu pengukuran (det)

Daya angin tersedia adalah potensi energi di suatu lokasi tertentu dan dikoreksi dengan menggunakan faktor pola energi,  $K_E$ . Faktor pola energi,  $K_E$  didefinisikan sebagai (De Costa, Josh, 2004).

$$\frac{P\omega}{A} = K_E \frac{1}{2} \rho U^3 \left( \frac{W}{m^2} \right) \quad (2.7)$$

Dimana:

$P\omega$  = Daya angin tersedia (W)

A = Luas permukaan yang diekspose (m<sup>2</sup>)

KE = Faktor pola energi

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

U = Kecepatan angin rata rata (m/det)

### 2.5.3 Daya Turbin Angin

Daya yang dihasilkan dari konversi oleh rotor turbin angin sebanding dengan pangkat tiga kecepatan angin. Daya yang dapat dihasilkan rotor turbin angin adalah (Sidiq. Moch Ridwan, 2008):

$$P_t = \frac{1}{2} c_p \rho A' U^3 \quad (2.8)$$

Dimana:

$P_t$  = Daya keluaran rotor turbin angin (Watt)

$C_p$  = Koefisien daya turbin angin

$\rho$  = Massa jenis udara (Kg/m<sup>3</sup>)

A' = Luas sapuan rotor (m<sup>2</sup>)

U = Kecepatan angin (m/det)

### 2.6 Teori Momentum

Teori momentum adalah metode analisis dengan cara memperhitungkan perubahan momentum udara selama melewati turbin angin. Teori momentum mengasumsikan bahwa aliran adalah tidak viskos dan tunak, juga rotor dianggap sebagai sebuah piringan dengan jumlah sudu tak terbatas. Pertimbangan yang digunakan dalam teori momentum yang juga diaplikasikan pada teori elemen sudu adalah:

Berdasarkan teorema Euler gaya yang bekerja pada rotor adalah:

$$F = \rho A' U' (U - U'') \quad (2.9)$$

Karenanya daya kinetik angin yang diserap oleh rotor adalah:

$$P_t = F U' = \rho A' U'^2 (U - U'') \quad (2.10)$$

Selisih energi kinetik di depan dan di belakang rotor dapat dihitung dengan persamaan Bernoulli:

$$\Delta P_t = \frac{1}{2} \rho A' U' (U^2 - U''^2) \quad (2.11)$$

Persamaan (2.10) adalah sama dengan persamaan (2.11) sehingga dari kedua persamaan itu diperoleh harga:

$$U' = \frac{U + U''}{2} \quad (2.12)$$

Jika persamaan (2.12) disubstitusikan kedalam persamaan (2.9) dan (2.11) didapat:

$$F = \frac{1}{2} \rho A' (U^2 - U''^2) \quad (2.13)$$

$$P_t = \frac{1}{4} \rho A' (U^2 - U''^2)(U + U'') \quad (2.14)$$

Untuk kecepatan U tertentu dapat dikaji besarnya  $P_t$  sebagai fungsi dari  $U''$  dengan mendefinisikan persamaan

$$\frac{dP_t}{dU''} = \frac{1}{4} \rho A'' (U^2 - 2U \cdot U'' - U''^2) \quad (2.15)$$

Pada  $\frac{dP_t}{dU''} = 0$  diperoleh dua akar persamaan yaitu:  $U'' = -U$  yang berarti udara dalam keadaan tenang dan  $U'' = \frac{U}{3}$  yang merupakan harga yang menghasilkan daya maksimum. Dengan demikian daya maksimum yang diperoleh adalah:

$$P_{t \text{ maks}} = \frac{8}{27} \rho A' U^3 \quad (2.16)$$

## 2.7 Generator

Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang dihasilkan turbin menjadi energi listrik. Generator dilengkapi dengan sebuah exciter yang berfungsi untuk mensuplai arus pada rotor supaya menjadi elektromagnet.



Gambar 2.7 Generator

(Walmart 2010)

### 2.7.1 Prinsip Kerja Generator

Prinsip kerja generator dalam megoversikan energi mekanik yang dihasilkan turbin menjadi energi listrik adalah sesuai dengan hasil penelitian faraday yang

mengatakan bahwa jika kumparan kawat konduktor yang berada pada medan magnet yang berubah terhadap waktu maka pada ujung-ujung kawat akan timbul tegangan atau gaya listrik (ggl) induksi. Syarat utama, harus ada perubahan fluks magnetic, jika tidak maka tidak akan timbul.

## 2.8 Baterai

Baterai adalah perangkat yang mampu menyimpan energi listrik, yaitu dengan cara mengubah energi kimia yang terdapat pada baterai menjadidi energi listrik mdelalui reaksi elektro kimia, redoks (Reduksi-oksidasi). Baterai terdiri dari beberapa sel listrik, sel listrik tersebut menjadi penyimpan energi listrik dalam bentuk kimia. sel baterai tersebut adalah elektroda-elektroda. Elektroda negatif disebut katoda yang berfungsi pemberi elektron. Elektroda positif disebut anoda yang berfungsi sebagai penerima elektron. Antara anoda dan katoda akan mengalir arus yaitu dari katub positif (anoda) ke katub negatif (katoda).



Gambar 2.8 Baterai  
(Alibaba 2012)

### 2.8.1 Prinsip kerja baterai

Pada prinsip terjadi 2 proses yang terjadi pada baterai yaitu:

1. Proses pengisian (charge)

Proses pengi dialiri arus, dimana katup positif baterai dihubungkan dengan arus listrik positif dan katub negarif baterai dihubungkan dengan arus listrik negatif.

2. Proses pengosongan

proses pengosongan baterai terjadi karena terjadinya perubahan energi kimia menjadi energi listrik. Oksigen dengan hidrogen (H) pada cairan elektrolit yang secara perlahan-lahan keduanya bergabung atau berubah



menjadi ( $H_2O$ ). Asam ( $SO_4$ ) pada cairan elektrolit bergabung dengan timah (Pb) dipelat positif maupun di pelat negatif sehingga menempel (O) pada pelat positif terlepas dikedua pelat tersebut.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Pembuatan

##### 3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan dilakukan dihome industry Jln. Abdul Sani Muthalib Pasar 1 Kecamatan Medan Marelan.

##### 3.1.2. Waktu Pembuatan

Waktu pelaksanaan pembuatan dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing pada tanggal 28 Oktober 2019 dan terlihat pada tabel.

Tabel 3.1 : Jadwal dan kegiatan saat melakukan pembuatan

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		10	11	12	1	2	3
1	Study literature						
2	Desain Rotor Turbin Angin <i>Savonius</i>						
3	Pembuatan Rotor Turbin Angin <i>Savonius</i>						
4	Perakitan Rotor Turbin Angin <i>Savonius</i>						
5	Evaluasi Rotor Turbin Angin <i>Savonius</i>						

## 3.2. Alat dan Bahan

### 3.2.1. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan rotor turbin angin savonius adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1.1. Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam putaran kecepatan angin pada turbin angin yang mengukur putaran permenit (RPM). Seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.1 Tachometer

#### 3.2.1.2. Anemometer

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.2 Anemometer

### 3.2.1.3. Multimeter

Multimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan arus AC maupun DC. Seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.3 Multimeter

### 3.2.1.4. Mesin Bor

Mesin Bor adalah berfungsi untuk membuat lubang. Seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.4 Mesin bor

#### 3.2.1.5. Mesin gerinda

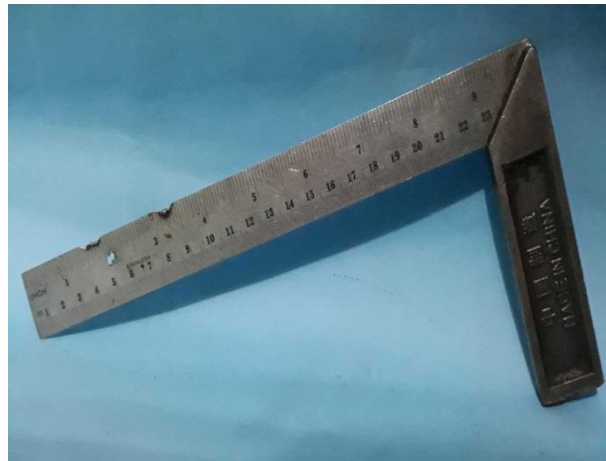
Mesin gerinda adalah alat yang digunakan untuk meratakan permukaan bekas las dan memotong bahan-bahan yang lainnya. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.5. Mesin gerinda

#### 3.2.1.6. Penggaris siku

Penggaris siku adalah alat yang digunakan untuk mengukur sudut, panjang pendeknya plat yang hendak dipotong. seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.6. Penggaris siku

### 3.2.1.7. Kunci inggris

Kunci inggris berfungsi untuk melepas atau memasang mur dan baut yang dapat disetel menyempit atau melebar menyesuaikan dengan ukuran mur dan bautnya. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.7. Kunci inggris

### 3.2.1.8. Tang

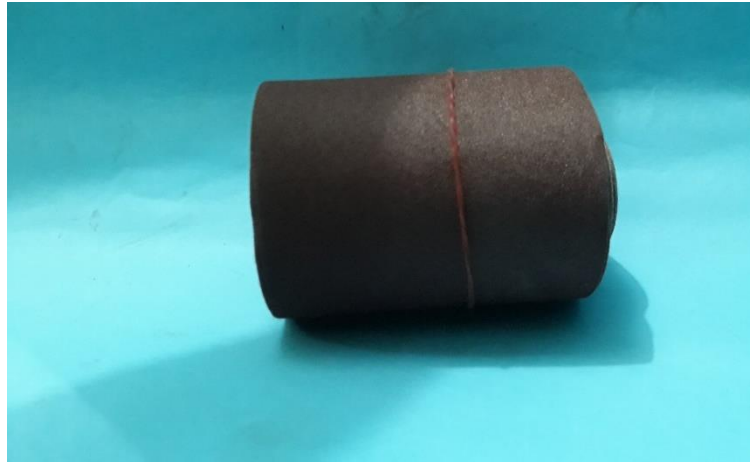
Tang adalah alat yang digunakan untuk memegang benda kerja. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.8. Tang

#### 3.2.1.9. Amplas/kertas pasir

Amplas/kertas pasir adalah sejenis kertas yang digunakan untuk membuat permukaan benda-benda menjadi lebih halus yang hendak di cat dengan cara menggosokkan salah satu permukaan amplas yang telah ditambahkan bahan yang kasar kepada permukaan benda tersebut. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.9. Amplas/kertas pasir

#### 3.2.1.10. Mesin las listrik dan perlengkapannya

Mesin las listrik adalah alat menyambung komponen dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan yang akan disambung. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.10. Mesin las

### 3.2.2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan rotor turbin angin savonius adalah sebagai berikut:

#### 3.2.2.1. Plat besi

Plat besi adalah alat yang digunakan sebagai tempat dudukan generator yang berfungsi sebagai penopang pada turbin angin. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.11. Plat besi

#### 3.2.2.2. *Bearing*

*Bearing* merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena berfungsi untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Sehingga mampu menahan putaran poros turbin angin savonius saat berputar dan mengurangi gaya gesek saat putaran tinggi. Seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.12. *Bearing*



### 3.2.2.3 Generator

Generator adalah sumber tenaga listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.13 Generator

### 3.2.2.4. Bantalan Generator

Bantalan generator bahan yang terbuat dari karet yang berfungsi sebagai tempat dudukan generator dan meredam getaran pada saat turbin angin berputar. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.14 Bantalan generator

### 3.2.2.5. Baut dan mur

Baut dan mur fungsinya adalah menggabungkan beberapa komponen-komponen sehingga terikat erat dan tergabung menjadi satu bagian yang memiliki sifat tidak permanen (bisa dibongkar pasang). Seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.15. Baut dan Mur

### 3.2.2.6 Baterai

Baterai adalah sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang digunakan untuk menyediakan arus listrik pada kebutuhan yang digunakan seperti lampu dan komponen listrik yang lainnya. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.16 Baterai

### 3.2.2.7 Kabel / wayar

Kabel/wayar adalah terbuat dari tembaga atau kuningan yang mampu menghantarkan arus listrik tanpa adanya hambatan dan sebagai penghubung arus listrik dari komponen satu ke komponen yang lainnya. Seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.17 Kabel / Wayar

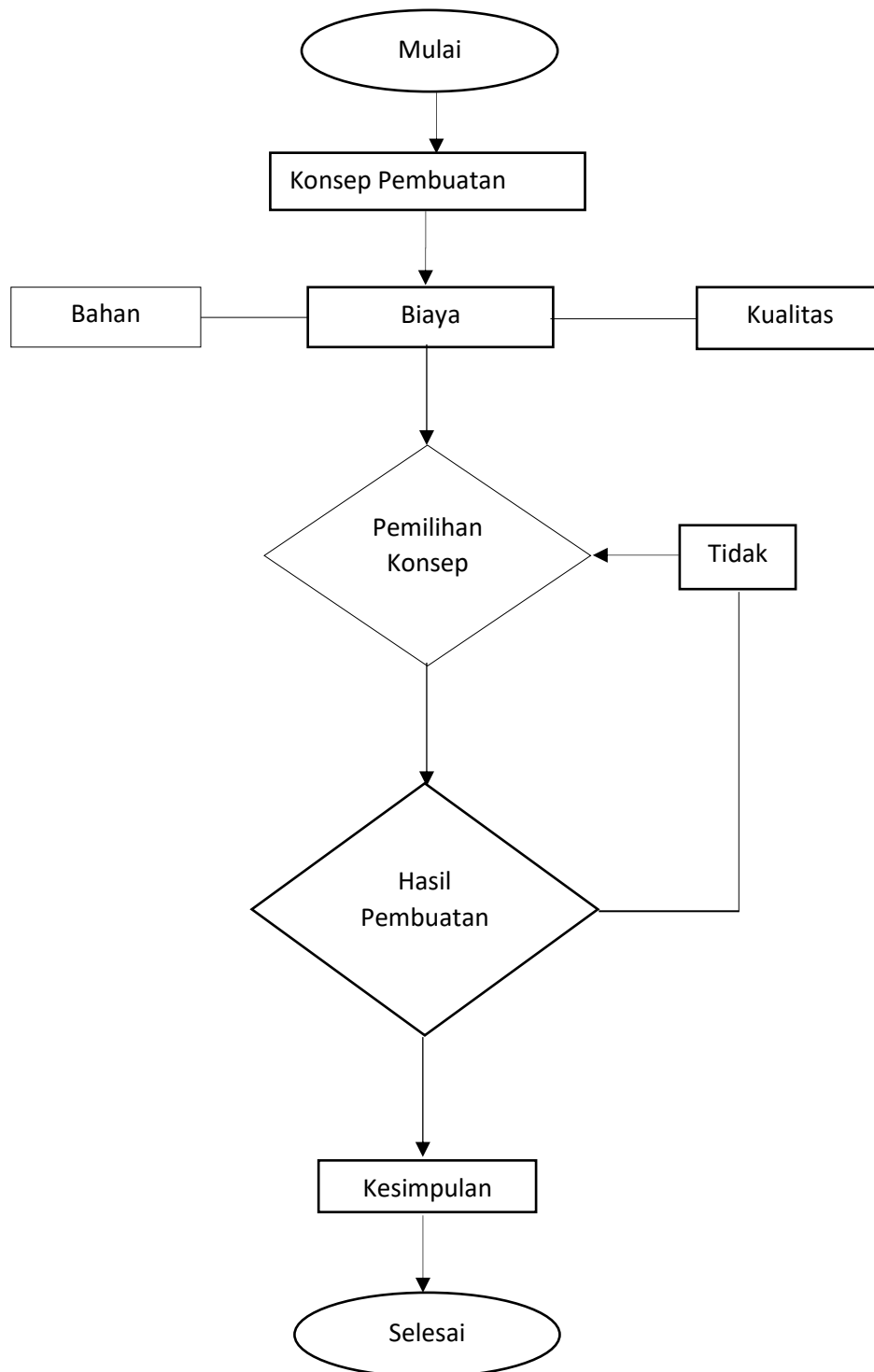
### 3.2.2.8 Pipa besi

Pipa besi adalah sebagai tempat dudukan dari beberapa komponen dan mampu menyanggah komponen turbin. Seperti terlihat pada gambar.



Gambar 3.18 pipa besi

### 3.3. Diagram Alir



Gambar 3.3 Diagram Alir

### 3.4. Prosedur pembuatan

Adapun prosedur pembuatan rotor turbin angin savonius sebagai berikut:

1. Persiapan bahan plat galvanis yang akan diukur dengan sesuai ukuran yang dirancang, lalu setelah diukur melakukan pemotongan dengan gunting
2. Memotong plat dan melengkungkan plat yang sudah dipotong dengan secara manual
3. Membuat lubang pada tengah rotor dengan bor.
4. Membuat penyambung rotor ke poros sesuai dengan ukuran yang telah dirancang
5. Pemotongan poros rotor dengan ukuran yang sudah dirancang
6. Pengelasan penyambung rotor ke poros rotor atas dan bawah
7. Lalu rotor savonius disambungkan ke penyambung dengan cara dilas sampai selesai.
8. Rotor disambungkan ke Penyangga rotor, ke rumah generator.
9. Selesai

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Proses Pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius.

##### 4.1.1 Pembuatan Poros

Poros adalah elemen mesin yang berbentuk batang dan umumnya berpenampang lingkaran, berfungsi untuk memindahkan putaran atau mendukung sesuatu beban dengan atau tanpa meneruskan daya.

Pada tahap awal mempersiapkan pipa besi untuk digunakan sebagai poros pada pembuatan turbin angin savonius, terlihat seperti gambar dibawah :



Gambar. 4.1. Pipa Besi

Adapun langkah selanjutnya setelah mempersiapkan pipa besi tersebut adalah memotong pipa besi dengan ukuran yang telah ditentukan dengan ukuran diameter 40 mm dan tinggi 1000 mm.



Gambar. 4.2. Pemotongan Pipa Besi

#### 4.1.2 Pembuatan Sudu

Sudu merupakan salah satu bagian dari turbin angin yang memiliki fungsi menerima energi kinetik dari angin dan merubahnya menjadi energi gerak (mekanik) putar pada poros penggerak, angin yang berhembus menyebabkan turbin terus berputar.

Setelah pemotongan pipa besi langkah selanjutnya adalah pembuatan sudu, sebelum pembuatan sudu terlebih dahulu mempersiapkan bahan dasarnya yaitu plat Galvanis, terlihat seperti gambar dibawah :



Gambar. 4.3. Plat Galvanis

Sesudah mempersiapkan Plat Galvanis langkah selanjutnya adalah pengukuran plat dengan ukuran yang telah ditentukan yaitu setiap sudu memiliki radius 150 mm, tinggi 295 mm, dan tebal 5 mm, terdapat 6 sudu pada pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius.



Gambar. 4.4. Pengukuran plat besi Galvanis

Setelah Plat Galvanis diukur dengan ukuran yang telah ditentukan, selanjutnya tahap pemotongan Plat Galvanis. Terlihat seperti gambar dibawah :



Gambar. 4.5. Pemotongan Plat Galvanis

Setelah Plat Galvanis terpotong dengan jumlah yang telah ditetapkan yaitu 6 sudu untuk pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius. Setelah proses pemotongan selesai lanjut untuk tahap pelengkungan sudu, proses pelengkungan ini dilakukan agar turbin angin dapat berputar ketika angin berhembus. Adapun proses pelengkungan bisa dilihat pada gambar dibawah ini :

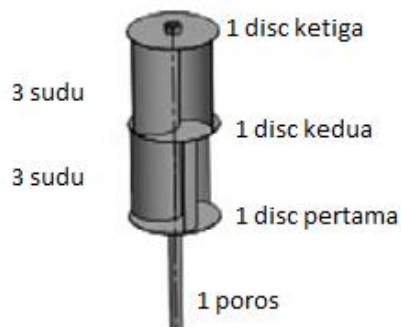


Gambar. 4.6. Proses Melengkungkan Sudu



#### 4.1.3 Pembuatan Disc

Terdapat 3 *Disc* pada pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius ini, *Disc* ini juga dibuat dengan Plat Galvanis yang memiliki ukuran diameter 300 mm, dan tebal 5 mm, *Disc* ini berbentuk lingkaran yang berfungsi menggabungkan semua komponen poros dan sudu untuk menjadikannya Rotor Turbin Angin Savonius. Bisa dilihat seperti gambar dibawah :



Gambar. 4.7. Proses Penggabungan Poros, Sudu, *Disc*

#### 4.1.4 Proses Pengelasan

Setelah proses penggabungan Poros, Sudu, dan *Disc* selesai lanjut ketahap pengelasan, Proses pengelasan yang dilakukan pada pembuatan rotor turbin angin savonius ini adalah pengelasan permanen. “Mengelas yaitu salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas ( Maman Suratman 2001:1)”. Proses pengelasan bisa dilihat pada gambar dibawah :



Gambar. 4.8. Proses Pengelasan

#### 4.1.5 Proses Finishing

Setelah semua komponen sudah dilas secara permanen, maka dapat kita lihat hasilnya pada gambar dibawah :



Gambar. 4.9. Hasil turbin angin savonius

Pada tahap akhir pada pembuatan rotor turbin angin savonius ini yaitu proses finishing, proses finishing ini adalah pengecatan pada turbin, fungsi dari pengecatan ini berguna untuk mempercantik tampilan turbin serta memperhambat korosi atau terjadi karat pada rotor turbin angin savonius.



Gambar. 4.10. Proses Pengecatan Turbin



Gambar. 4.11. Hasil Pengecatan

#### 4.2 Proses Pembuatan Dudukan Generator

Generator adalah suatu perangkat yang berfungsi mengubah energi mekanik/gerak dalam bentuk putaran poros menjadi energi listrik, yang membangkitkan tegangan bolak-balik menurut prinsip dasar. Pembuatan dudukan generator ini berfungsi agar rotor turbin angin Savonius bisa berdiri tegak ketika disambungkan pada Generator. Dalam perancangan ini generator yang digunakan adalah generator 250 watt dan putaran 2750 rpm. Adapun tahapan pembuatan dudukan generator bisa dilihat sebagai berikut :

##### 4.2.1 Besi Plat

Pada tahap awal pada pembuatan dudukan gererator ini terlebih dahulu mempersiapkan besi plat , besi plat ini berfungsi sebagai salah satu bahan yang digunakan untuk pembuat dudukan generator. terlihat seperti gambar dibawah :



Gambar. 4.12. Besi Plat

#### 4.2.2 Proses Pengukuran

Setelah bahan utama telah disediakan maka kita lanjut untuk tahap selanjutnya yaitu proses pengukuran besi plat dengan ukuran yang telah ditentukan, pengukuran besi plat memiliki ukuran lebar 900mm, dan tinggi 300mm. proses pengukuran bisa dilihat pada gambar dibawah :



Gambar. 4.13. Pengukuran Besi Plat

#### 4.2.3 Proses Pemotongan

Setelah proses pengukuran selesai lanjut pada tahapan proses pemotongan, pemotongan dilakukan harus sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, pemotongan yang dihasilkan menjadi dua bagian dengan ukuran yang sama untuk digunakan sebagai dudukan generator. Proses pemotongan bisa dilihat pada gambar dibawah :



Gambar. 4.14. Pemotongan Besi Plat

#### 4.2.4 Proses Pengeboran Besi Plat

Tahapan setelah proses pemotongan yaitu proses pengeboran, pengeboran padaudukan generator ini berfungsi untuk pengikat generator, hasil pengeboran tersebut berguna untuk pemasangan baut pada generator ke dudukannya, baut tersebut juga bisa dibuka dan dipasang kembali. Proses pengeboran bisa dilihat pada gambar dibawah :



Gambar. 4.15. Proses Pengeboran Besi Plat



Gambar. 4.16. Hasil Besi Plat selesai dibor

#### 4.2.5 Pengelasan Besi Plat Dudukan Generator

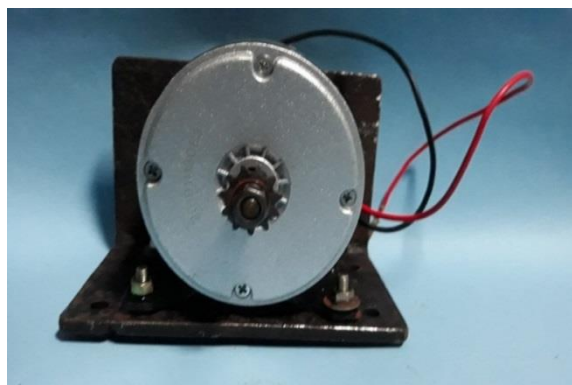
Adapun tahap selanjutnya setelah proses pengeboran besi plat yaitu proses pengelasan. besi plat yang telah dipotong menjadi dua bagian dengan ukuran yang sudah ditentukan kemudian masuk ke proses pengelesan, pengelasan berfungsi untuk menyambungkan plat yang sudah dipotong menjadi berbentuk siku. Terlihat seperti gambar dibawah :



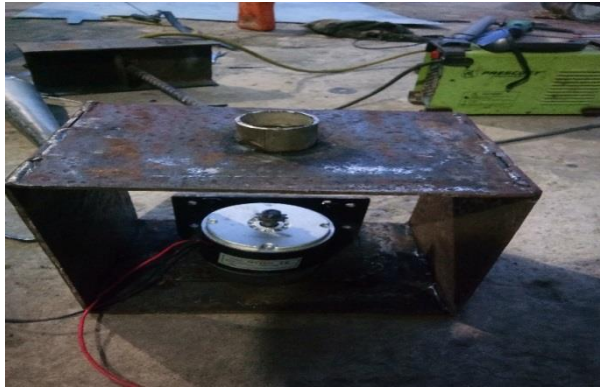
Gambar. 4.17. Proses Pengelasan

#### 4.2.6 Hasil pembuatan dudukan generator

Adapun hasil dari pembuatan dudukan generator setelah disatukan dengan generator dan kemudian dibaut, agar generator tetap dalam dudukannya. Generator juga bisa dibuka dan dipasang kembali dengan cara membuka dan memasang bautnya.



Gambar. 4.18. Hasil Jadi Pembuatan Dudukan Generator



Gambar. 4.19. Penyangga *Savonius*

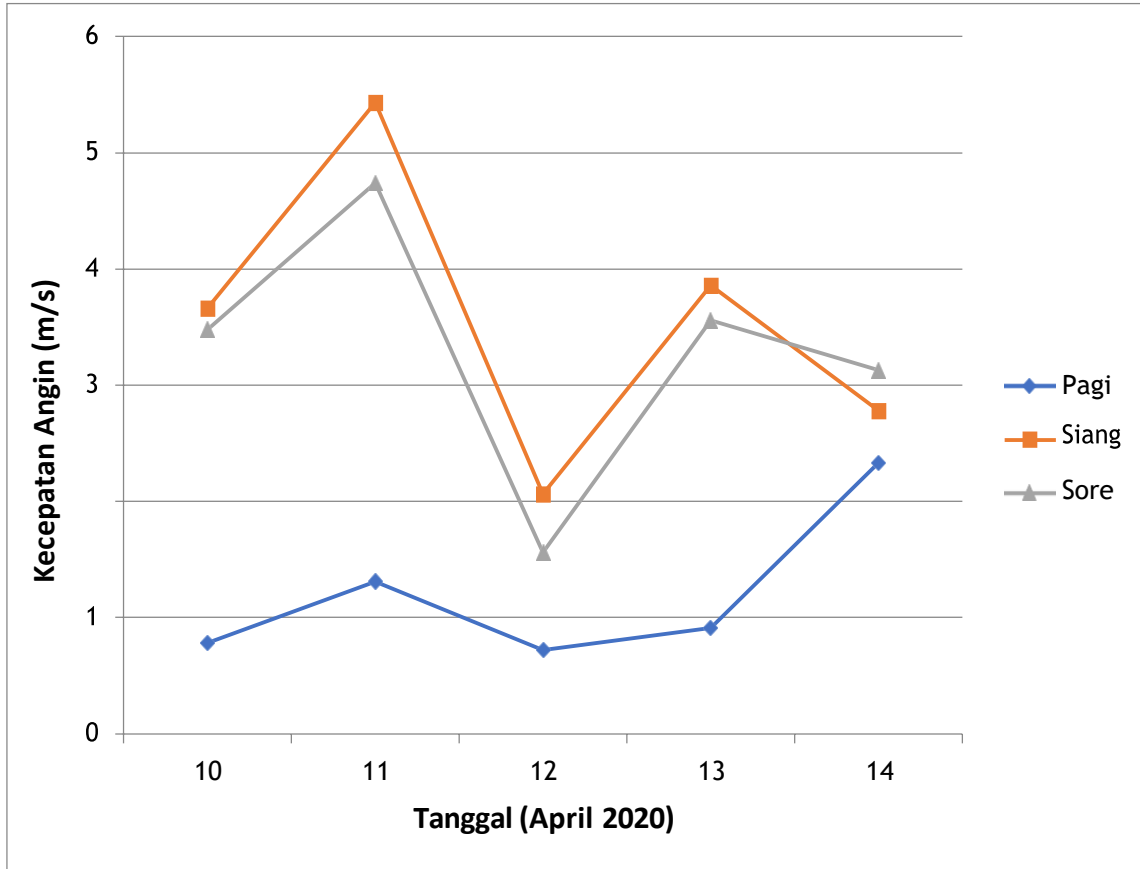
Setelah dudukan generator selesai dibuat dan sudah disatukan dengan generator maka kemudian disatukan dengan penyangga Savonius, Hasil dari pembuatan penyangga dan dudukan generator untuk menghubungkan poros pada turbin angin savonius.

#### 4.3 Proses Pengujian

Data diambil Pada Tanggal 10 – 14 April 2020 pukul 08:00 – 18:00 WIB dan dibagi menjadi pagi, siang dan sore dengan mengambil nilai rata – rata pada setiap jam. Lokasi pengaplikasian turbin dilakukan di Marine Cafe jl. Kampar Belawan I , Medan Labuhan, Kota Medan, Sumatera Utara. Rotor Turbin Angin Savonius ini diizinkan diaplikasikan pada ketinggian 5 meter dari permukaan laut.

#### 4.3.1 Hasil Pengujian Kecepatan Angin Terhadap Tanggal Pengujian

Dari Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa kecepatan angin terbesar terjadi pada Tanggal 11 April 2020 pada siang hari dengan besar kecepatan 5,43 m/s. Untuk kecepatan angin terendah terjadi pada Tanggal 12 April 2020 pada pagi hari dengan kecepatan 0,72 m/s.

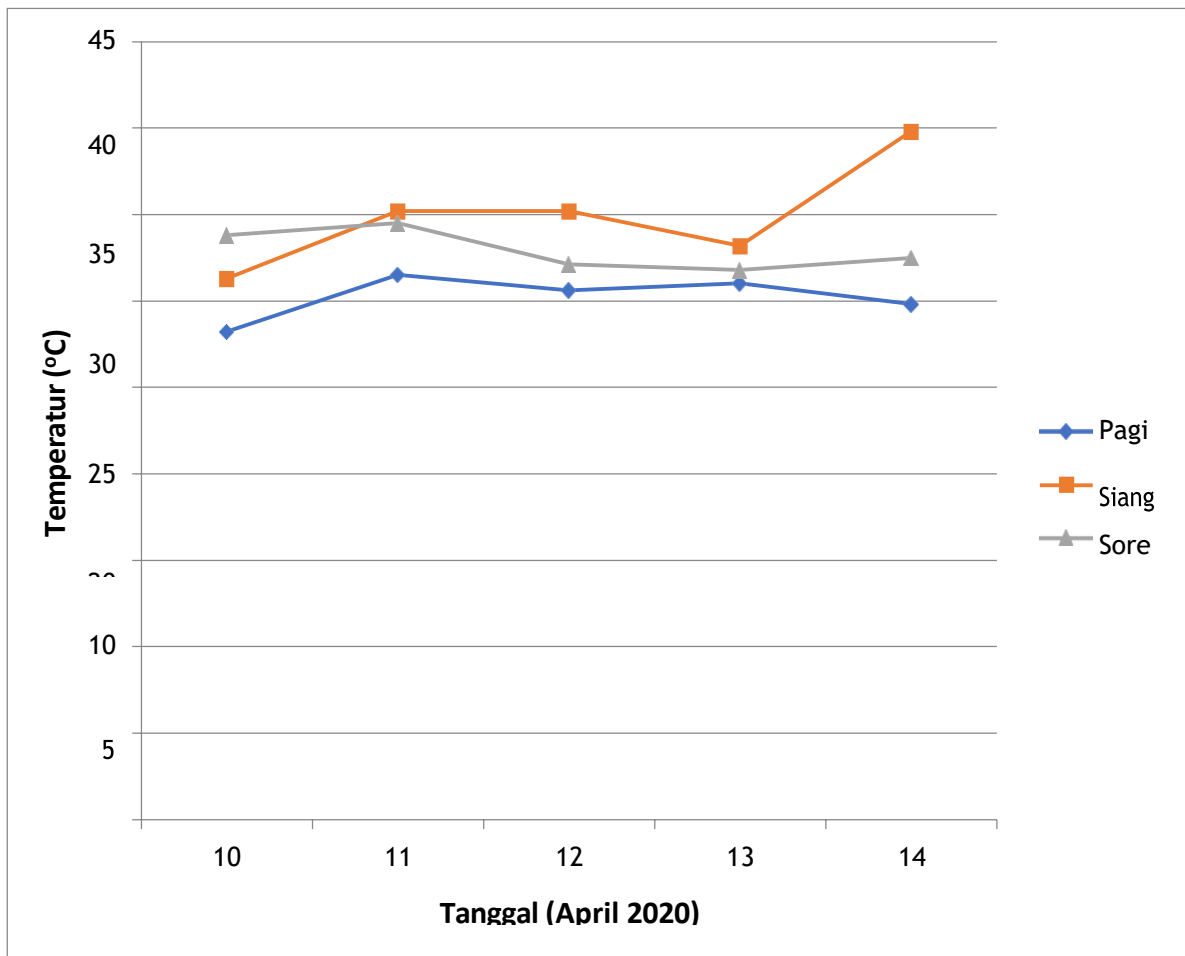


Gambar 4.20 Grafik Pengujian Kecepatan Angin Terhadap Tanggal Pengujian



#### 4.3.2 Hasil Pengujian Temperatur Terhadap Tanggal Pengujian

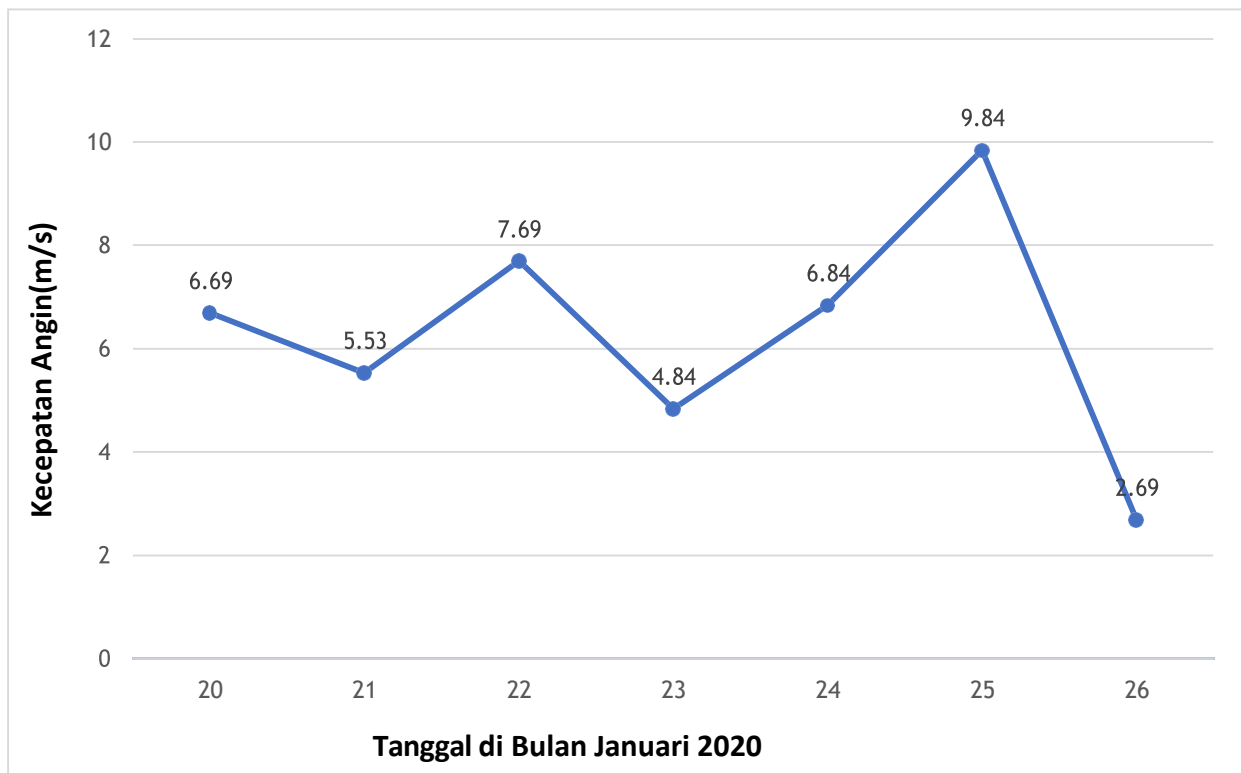
Dari Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa Temperatur terbesar terjadi pada Tanggal 14 April 2020 pada siang hari dengan nilai 39,8 °C. Dan untuk nilai temperatur terkecil terjadi pada Tanggal 10 April 2020 pada pagi hari dengan nilai 28,2 °C. Dari pengujian di simpulkan bahwa nilai temperatur tidak berpengaruh pada kecepatan angin dan besar daya yang dihasilkan oleh generator. Dan tidak berpengaruh pada kecepatan angin yang tidak konstan.



Gambar 4.21 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Tanggal Pengujian

#### 4.3.3 Hasil Pengujian Kecepatan Angin dari BMKG Belawan

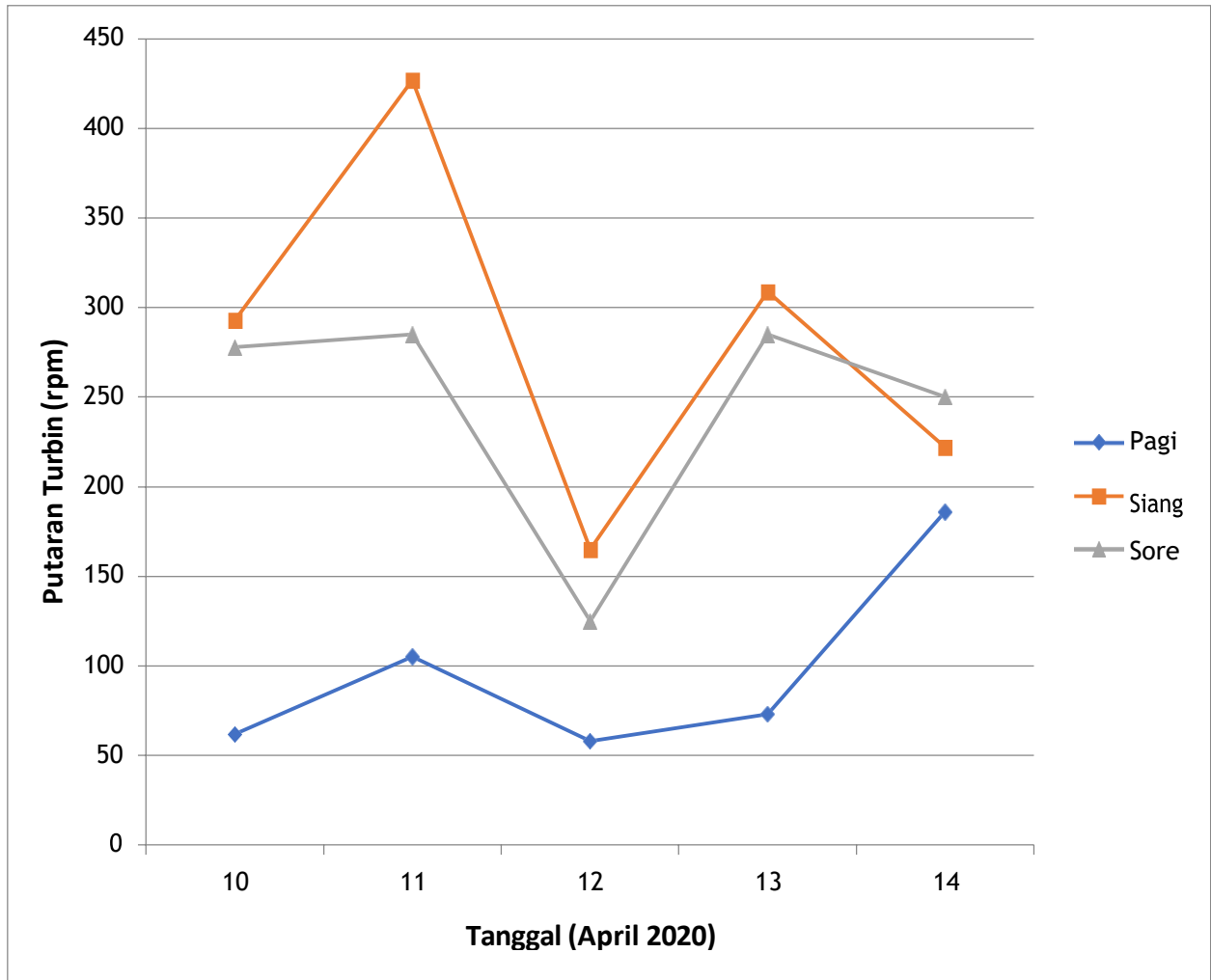
Dilihat dari Gambar 4.22 dibawah data kecepatan angin dari BMKG diambil sebagai perbandingan pengujian manual yang dilakukan menggunakan anemometer. Sebagai perbandingan dengan data manual, data diambil pada tanggal 20 Januari 2020 sampai 26 Januari 2020. Dari data yang didapat, diambil nilai rata – rata perhari. Data yang didapat menggunakan satuan perkapalan yaitu knot. Jadi perlu diubah menjadi m/s untuk lebih mudah membandingkan dengan pengujian manual.(1 knot = 0,51444 m/s). Kecepatan angin terbesar terjadi pada tanggal 25 Januari 2020 dengan besar 9,84 m/s dan kecepatan angin terendah terjadi pada tanggal 26 Januari 2020 dengan besar 2,69 m/s.



Gambar 4.22 Grafik Pengujian Kecepatan Angin Terhadap Tanggal BMKG

#### 4.3.4 Hasil Pengujian Putaran Turbin Terhadap Tanggal Pengujian

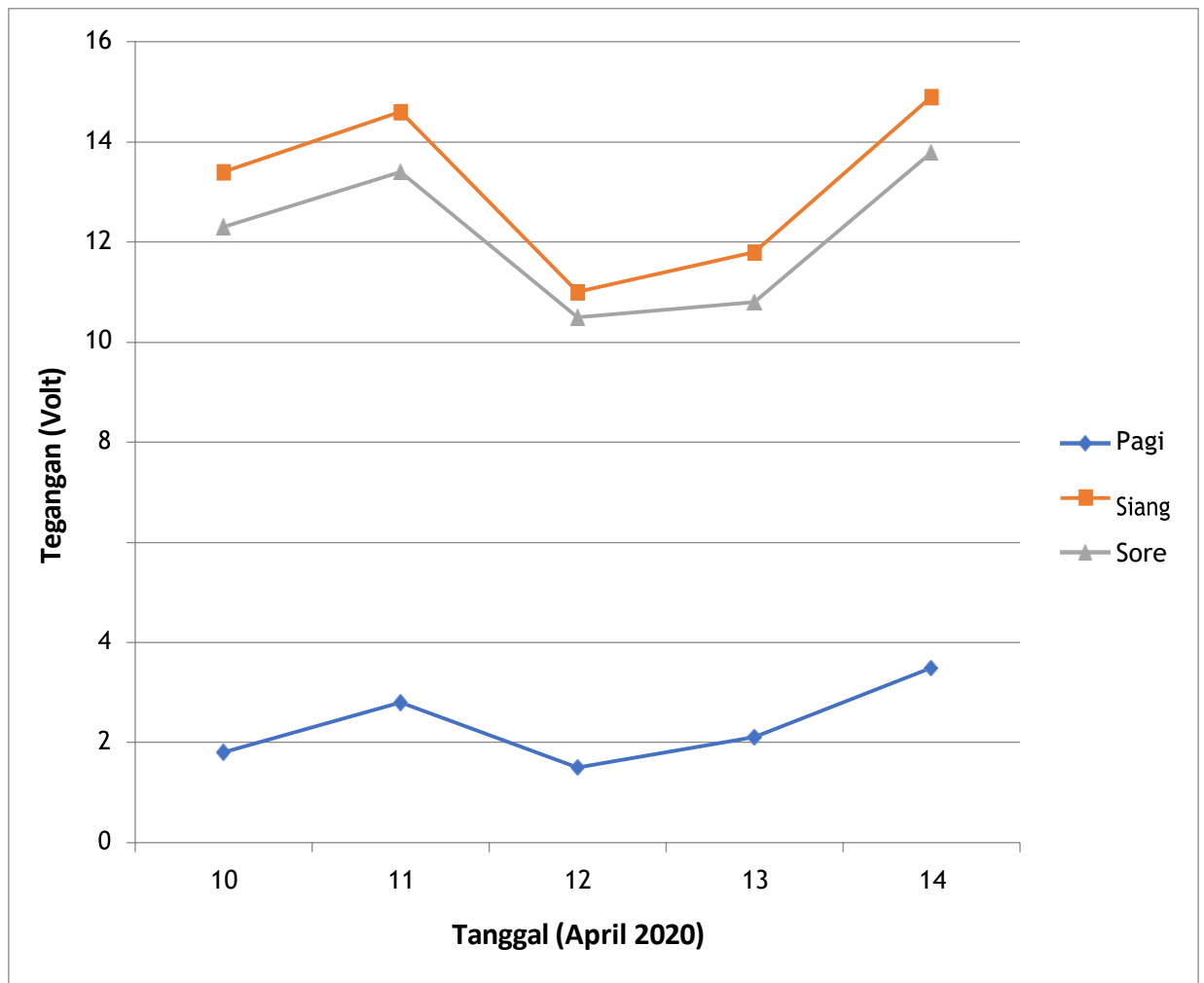
Dari gambar 4.23 dapat dilihat bahwa putaran terbesar terjadi pada Tanggal 11 April 2020 pada siang hari dengan besar 427 rpm dan putaran terendah terjadi pada Tanggal 12 April 2020 pada pagi hari dengan besar 58 rpm.



Gambar 4.23 Grafik Pengujian Putaran Turbin terhadap Tanggal Pengujian

#### 4.3.5 Hasil Pengujian Tegangan Terhadap Tanggal Pengujian

Dari Gambar 4.24 dapat dilihat bahwa tegangan listrik terbesar terjadi pada Tanggal 14 April 2020 pada siang hari dengan besar 14,9 volt. Untuk tegangan listrik terendah terjadi pada Tanggal 12 April 2020 pada siang hari dengan besar 1,5 volt.



Gambar 4.24 Grafik Pengujian Tegangan Terhadap Tanggal Pengujian

#### 4.4 Prosedur Pengoperasian

1. Turbin angin mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada turbin.
2. Putaran rotor turbin angin berfungsi untuk memutar generator.
3. Generator yang berputar akan menghasilkan listrik
4. Energi listrik ini biasanya akan disimpan ke baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

#### 4.5 Spesifikasi Harga Bahan

Tabel 4.2 Spesifikasi Harga Bahan

No	Material	Jumlah Pembelian	Harga Pembelian	Harga penempahan	Total
1	Poros	1 buah	Rp.35.000	-	Rp.35.000
2	Plat Galvanis	1 buah	Rp.120.000	-	Rp.120.000
3	Bearing	1 buah	Rp.25.000	-	Rp.25.000
4	Cat PiloX	1 buah	Rp.25.000	-	Rp.25.000
5	Generator	2 buah	Rp.900.000	-	Rp.1.800.000
6	Besi Plat	1 buah	Rp.50.000	-	Rp.50.000
7	Pempahan Dudukan Generator	-	-	Rp.175.000	Rp.175.000
8	Penempahan Turbin	-	-	Rp.130.000	Rp.130.000
TOTAL					Rp.2.360.000

Dapat dilihat dari tabel diatas bahwasannya biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius mencapai Rp.2.360.000, angka yang disebutkan tadi sudah termasuk bahan pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius yang terdiri dari ( Poros, Plat Galvanis, Bearing, Cat PiloX, Generator, Besi Plat ) serta sudah termasuk harga penempahan dudukan generator dan penempahan turbin.

#### 4.6 Spesifikasi Perawatan Alat

Tabel 4.3 Spesifikasi Perawatan Alat

<b>DESKRIPSI KEGIATAN PERAWATAN</b>	<b>JANGKA WAKTU</b>
<b>ROTOR TURBIN ANGIN SAVONIUS</b>	<b>3 bulanan</b>
melakukan pemeriksaan rotor turbin angin dari karat dan korosi melakukan pengecatan pada bagian rotor	
<b>PENYANGGA DAN DUDUKAN GENERATOR</b>	<b>3 bulanan</b>
periksa bunyi, getaran periksa keamanan pondasi, pastikan pondasi kokoh periksa penyangga dan dudukan generator dari kondisi baut kendur periksa bearing pada lubang penyangga generator dari karat lumasi minyak gemuk pada bearing	
<b>KABEL PENGHUBUNG</b>	<b>1 mingguan</b>
pemeriksaan kondisi kabel dari kemungkinan keropos pemeriksaan sambungan kabel	
<b>KONTROLLER DAN BATERAI</b>	<b>1 mingguan</b>
cek keamanan pelindung cek kebersihan kontroller dan baterai	
<b>BAUT</b>	<b>1 mingguan</b>
periksa kekencangan baut pada tiap sambungan setting baut	
<b>UMUM</b>	<b>1 harian</b>
jaga kebersihan lingkungan instalasi turbin angin periksa kondisi lingkungan	

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 1.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembuatan Rotor Turbin Angin Savonius, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Bahwasannya pembuatan rotor turbin angin ini telah berhasil di buat dengan kapasitas maximum 300 watt, dengan spesifikasi rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat. Untuk ukuran disc berdiameter 300 mm, sudu memiliki tinggi 590 mm dan radius 150 mm, sedangkan poros berdiameter 40 mm dan panjang 1000 mm.
2. Pembuatan rotor turbin angin savonius menggunakan 3 sudu bertingkat bertujuan untuk memudahkan dalam pemanfaatan angin yang terbang serta dapat menerima kecepatan angin kencang serta angin yang relatif rendah.
3. Adapun pembuatan rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat ini berbahan plat Galvanis 0,5 mm dengan kapasitas 300 watt, dan kecepatan angin terbesar 5,43 m/s dan kecepatan angin terendah 0,72 m/s.

#### 1.2. Saran

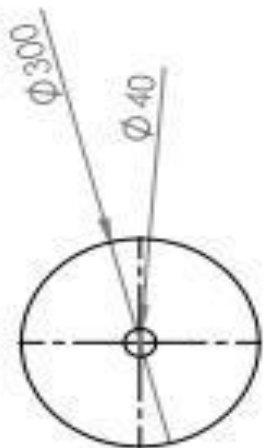
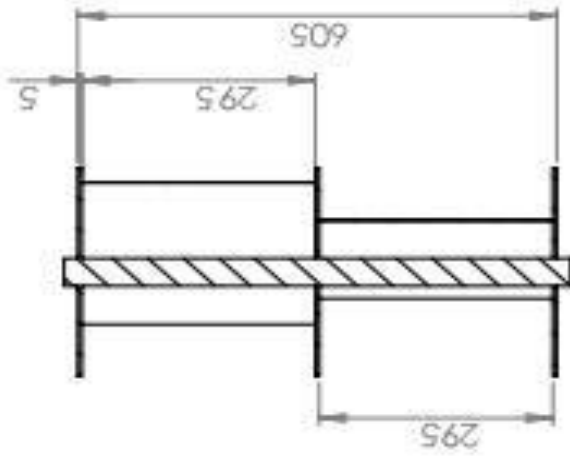
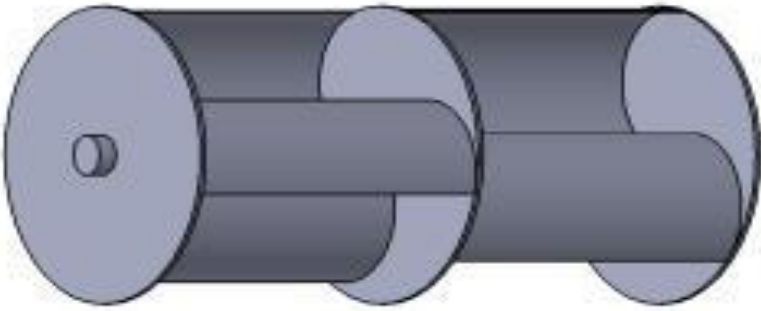
Penulis sepenuhnya menyadari bahwa pembuatan ini masih belum sempurna, maka dari itu pada riset berikutnya penulis menyarankan pembuatan rotor turbin angin savonius dengan kapasitas maximum 300 Watt dapat dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi terbaru.

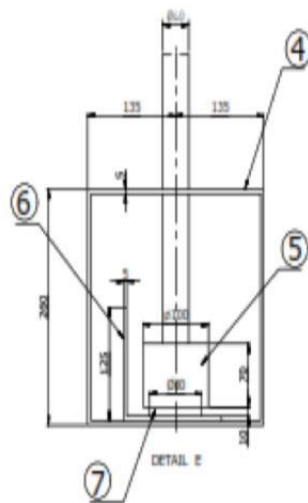
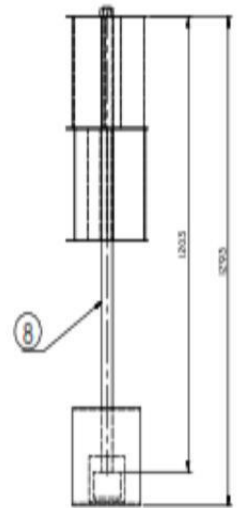
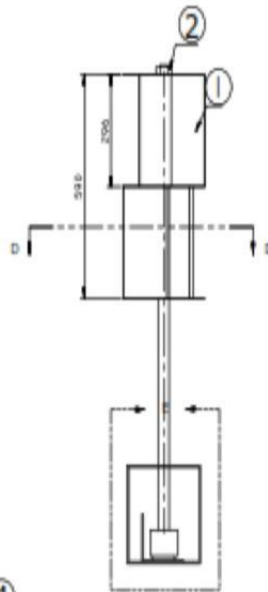
## DAFTAR PUSTAKA

- R.A. Siregar dan C.A. Siregar. (2019), *Pembangunan Turbin Angin Darriues-Savonius Sebagai Ikon Wisata Laut Dan Kuliner Di Belawan*. Medan: Program Studi Teknik Mesin, Univeritas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- Napitupulu, F.H. and Mauritz,F. (2013) '*Uji Eksperimental Dan Analisis Pengaruh Varia Kecepatan Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Dan Putaran Turbin Angin Vertikal Axis Savonius Dengan Menggunakan Sudu Pengarah.*' ,*JurnalDinamis*, II(12), P. 11.
- Daryanto, Y., 2007, *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Yogyakarta: BALAI PPTAGG-UPT-LAGG.
- Androga, F.M.(2015) '*Uji Eksperimental Model Turbin Angin Darriues Tipe H 2 Tingkat Dengan Kombinasi 3 Bilah Naca 0018 Dan 2 Bilah Savonius PerTingkat*' .*Jurnal Teknik Mesin*, 1(1),pp. 126-131.
- Soelaiman F.A.T, Tandian P.N, dan Rosidin, N, (2007), *Perancangan, Pembuatan Dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius Dan Wiindside Untuk Penerangan Jalan Tol*, Laporan Penelitian ITB Bandung.
- Hendra A. (2012), *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Blackwell, B.F,R.E. Sheldahl & L.V. Felt, 1977, *Wind Tunnel Performance DataFor Two-And Three-Bucket Savonius Rotors*. Sandia National Laboratory
- Kadir, A. 1995. *Energi; Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensial Ekonomi*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Nurman Syahputra, (2020), *Perancangan Rotor Turbin Angin Savonius Dengan Kpasitas Maximum 300 Watt*
- Dicky Julianto, (2020), *Pengujian Kinerja Turbin Angin Darrieus-Savonius Dengan Kapasitas Maximum 300 Watt*



# **LAMPIRAN**





NO.	JUMLAH	NAMA	KETERANGAN
8	1	POROS	
7	1	BANTALAN GENERATOR	
6	1	DUDUKAN GENERATOR	
5	1	GENERATOR	
4	1	DUDUKAN TURBIN	
3	3	DISC	
2	1	MUR	
1	6	SUDU	
KEREKSIAN PERMUKAAN DALAM $\mu\text{mm}$		TOLERANSI UKURAN DALAM $\mu\text{mm}$	
		SKALA : 1:5 SATUAN UKURAN : mm TANGGAL :	DIBYAHAI : DIPERIKSA : DIBAGITAI :
UNIVERSITAS MUHAMMIDIYAH SUMATERA UTARA		SUDU SAVONIUS	NO. A3

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**  
**PEMBUATAN BILAH TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN KAPASITAS**  
**MAKSIMUM 300 WATT**

Nama : Denu Anggara  
NPM : 1507230082

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Rakhmad Arief Siregar, S.T., M.Eng  
Dosen Pembimbing 2 : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	28/11/19	Perbaiki bab 1 dan bab 2	↑
2	7/1/20	Lanjut bab 3	↑
3	4/2/20	Lanjut bab 4	↑
4	10/2/20	Perbaiki bab 4	↑
5	10/2/20	Lanjut Bab VI	↑
		Lanjut Pemb II	↑
		Acc Seminar	↑

All Seminar

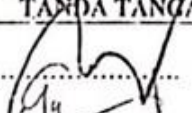
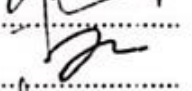
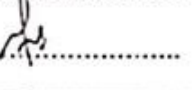
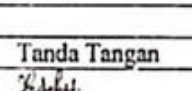
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar











Nama : Denu Anggara

NPM : 1507230082

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Sudu Turbin Angin Savonius Kapasitas Maksimum 300 Watt.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:	
Pembimbing – II	: Chandro A Siregar.S.T.M.T	:	
Pembanding – I	: Bekti Suroso.S.T.M.Eng	:	
Pembanding – II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	:	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230102	M. Indira Utomo	
2	1907230089	ANGGA SYAHPUTRA	
3	1907230073	M. Firdausy	
4	1907230105	KH. SYAHFI S	
5	1907230113	MUHAMMAD KHAIKUL HASAN	
6	1907230070	Bambang Rudy Wijaya	
7	1907230097	Rizki Nur Rizki	
8	1907230068	WAWAN SYAHPUTRA	
9	1907230056	YUDHA MANDALA PUTRA	
10	1907230101	rans unjung	

Medan, 09 Rajab 1441 H  
03 Maret 2020M



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR**

---

NAMA : Denu Anggara  
NPM : 1507230082  
Judul T.Akhir : Pembuatan Sudu Turbin Angin Savonius Kapasitas Maksimum  
300 Watt.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief SgrM.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen pembeding - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng  
Dosen Pembeding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

**KEPUTUSAN**

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
Lihat buku scrip.  
.....  
.....

- 3 Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan, 09 Rajab 1441 H  
03 Maret 2020 M

Diketahui :

Dosen Pembimbing I  
S.T.M.T



S.T.M.T

Dosen Pembeding-II

H.Muharnif.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR**

---

NAMA : Denu Anggara  
NPM : 1507230082  
Judul T.Akhir : Pembuatan Sudu Turbin Angin Savonius Kapasitas Maksimum  
300 Watt.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief SgrM.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen pembanding - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng  
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

**KEPUTUSAN**

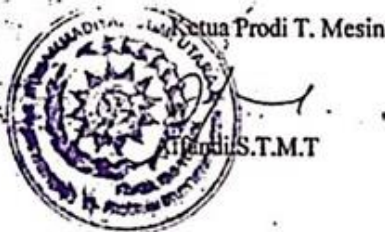
- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*1. Buat pada masalah juga akhir!*

- 3 Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan, 09 Rajab 1441 H  
03 Maret 2020 M

Diketahui :



Dosen Pembanding-I

*Bekti Suroso*  
Bekti Suroso.S.T.M.Eng



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya  
Bila menandatangani surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003  
<http://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 910/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 07 Juli 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : DENU ANGGARA  
Npm : 1507230082  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : XII (DUA BELAS)  
Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN ROTOR TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN KAPASITAS MAKSIMUM 300 WATT

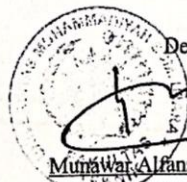
Pembimbing I : CHANDRA A SIREGAR, ST, MT  
Pembimbing II : AFFANDI, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan, 26 Dzulqaidah 1442 H  
07 Juli 2021 M



Dekan  
Munawar Alfansury Siregar, ST., MT  
NIDN: 0101017202





## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### **DATA PRIBADI**

Nama : Denu Anggara  
NPM : 1507230082  
Tempat /Tanggal Lahir : Bulu Cina, 12 November 1996  
Agama : Islam  
Alamat :Jln. Tanjung Sari Bulu Cina, Kec. Hamparan Perak  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Anak Ke : 2 Dari 2 Bersaudara  
No. Hp : 0858-3117-9265  
Setatus Perkawinan : Belum Menikah  
Email : [denuanggara12@gmail.com](mailto:denuanggara12@gmail.com)  
Nama Orang Tua  
Ayah : Kahar  
Ibu : Ita Erna Wati

### **PENDIDIKAN FORMAL**

2003 – 2009 : SD NEGERI 101761 BULU CINA  
2009 – 2012 : SMP NEGERI 20 MEDAN  
2012 – 2015 : SMA NEGERI 16 MEDAN  
2015 – 2021 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SUMATERA UTARA