

## **TUGAS AKHIR**

# **PERANCANGAN ROTOR TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN KAPASITAS MAKSIMUM 300 WATT**

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

**Disusun Oleh:**

**NURMAN SYAHPUTRA**  
**1507230007**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nurman Syahputra  
NPM : 1507230007  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Perancangan Rotor Turbin Angin Savonius dengan Kapasitas  
Maksimum 300 Watt  
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, Juni 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Bakti Suroso, S.T., M.Eng

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Nurman Syahputra  
Tempat /Tanggal Lahir: Kota Galuh/15 Oktober 1997  
NPM : 1507230007  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**"Perancangan 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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Juni 2020



Saya yang menyatakan,

Nurman Syahputra

## ABSTRAK

Turbin angin savonius merupakan turbin angin tipe vertikal, turbin angin ini dapat bekerja pada kecepatan angin rendah dan tidak dipengaruhi oleh arah angin untuk bekerja. Ada beberapa tujuan pada penelitian ini, diantaranya adalah merancang sedikitnya tiga konsep rotor turbin angin savonius, memilih konsep yang terbaik dan menggambar secara detail hasil pemilihan konsep tersebut, dan yang terakhir adalah mengevaluasi hasil rancangan. Dalam merancang rotor turbin angin savonius ini dilakukan dengan cara menggambar sketsa dan gambar teknik,. Ketiga konsep yang akan di rancang adalah rotor turbin angin savonius sudu spiral, rotor turbin angin savonius dua sudu U tanpa tingkat dan rotor turbin angin savonius tiga sudu U bertingkat Setelah itu dilakukan pemilihan kepada tiga konsep tersebut untuk memastikan konsep mana yang paling bagus dari ketiga konsep tersebut. Setelah dilakukan pemilihan rancangan pada ketiga konsep rotor turbin angin savonius dan didapat satu konsep yang paling baik. Pemilihan konsep rancangan rotor turbin angin savonius ini dilakukan dengan cara menggunakan metode matriks keputusan, setelah itu didapatlah hasil dari ketiga konsep tersebut, dimana pada konsep rotor turbin angin savonius sudu spiral memiliki hasil yang paling rendah dan konsep rotor turbin angin savonius tiga sudu U bertingkat memiliki hasil yang paling bagus.

Kata kunci : Turbin angin, rotor, savonius

## **ABSTRACT**

*Savonius wind turbines are vertical type wind turbines, these wind turbines can work at low wind speeds and are not influenced by the direction of the wind to work. There are several objectives in this study, including designing at least three Savonius wind turbine rotor concepts, selecting the best concept and drawing in detail the results of the concept selection, and finally evaluating the design results. In designing savonius wind turbine rotors, this is done by drawing sketches and technical drawings. The three concepts that will be designed are savonius wind turbine rotor blade, Savonius wind turbine rotor with two level U without level and three-level savonius wind turbine rotor. After that, the three concepts are selected to ensure the best concept of the three concepts. the. After selecting the design of the three Savoinus wind turbine rotor concepts and obtained the best concept. The selection of the Savonius wind turbine rotor design concept is done by using the decision matrix method, after which the results of these three concepts are obtained, where the Savonius Spiral blade wind turbine rotor concept has the lowest results and the Savonius three-blade Savonius wind turbine rotor concept has the lowest the best results.*

*Keywords: Wind turbines, 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 “Perancangan Sudu Turbin Angin Savonius Dengan Kapasitas Maksimum 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 menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar ST., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Affandi ST., M.T selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Bekti Suroso, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar ST., M.T selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar A Siregar ST., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Ade Faisal ST. Msc, Phd selaku Wakil Dekan Satu Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani ST., M.T selaku Wakil Dekan Tiga Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
9. Orang tua penulis: Mansyuruddin dan Nurasih, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Sahabat-sahabat penulis: Erni Rahmaini, Dicky Julianto, Koko Sudarmawan, Rizky Wibowo, Denu Anggara dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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, Juli 2020

Nurman Syahputra

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</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>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</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. Pengertian Perancangan	9
2.3. Defenisi Angin	10
2.3.1. Kecepatan Angin	10
2.3.2. Energi Angin	11
2.4. Turbin angin	11
2.4.1. Turbin Angin Savonius	13
2.4.2. Turbin Angin Darrieus	14
2.5. Perancangan Rotor Turbin Angin Savonius	14
2.6. <i>Solidwoks</i>	17
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>19</b>
3.1 Tempat dan Waktu Perancangan	19
3.1.1. Tempat	19
3.1.2. Waktu Perancangan	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1. Alat yang digunakan	19
3.2.1.1. Alat Tulis Menggambar	19
3.2.1.2. Laptop dan Spesifikasinya	20
3.2.1.3. Perangkat Lunak <i>Solidwork</i>	21

3.2.2.	Bahan	21
3.2.2.1.	Kertas Gambar	21
3.3	Diagram Alir	22
3.4	Penjelasan Diagram Alir	23
3.5	Prosedur Perancangan	23
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>24</b>
4.1	Hasil Konsep Sketsa Perancangan Rotor Turbin Angin Savoius	24
4.1.1.	Konsep Sketsa Rotor Turbin Angin Savonius Sudu Spiral	24
4.1.2.	Konsep Sketsa Rotor Turbin Angin Savonius Dua Sudu Tipe U Tanpa Tingkat	25
4.1.3.	Konsep Sketsa Rotor Turbin Angin Savonius Tiga Sudu Tipe U Bertingkat	26
4.2	Pemilihan konsep rancangan	28
4.3	Hasil Pemilihan Konsep Rancangan	32
4.3.1.	Spesifikasi Rancangan	33
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>34</b>
5.1.	Kesimpulan	34
5.2.	Saran	34
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>35</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	
	<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
	<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	19
Tabel 4.1 Pemilihan jenis rotor turbin angin dengan metode matrik keputusan	29

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Turbin Angin	11
Gambar 2.2. Bagian-Bagian Turbin	12
Gambar 2.3 Turbin Angin Savonius	13
Gambar 2.4. Sudu Tipe U	13
Gambar 2.5. Sudu Tipe L	13
Gambar 2.6. Turbin Angin Darriues	14
Gambar 3.1. Alat Tulis Menggambar	20
Gambar 3.2. Laptop dan Spesifikasinya	20
Gambar 3.3. Perangkat Lunak <i>Solidworks</i>	21
Gambar 3.4. Kertas	21
Gambar 3.5 Diagram Alir Perancangan	22
Gambar 4.1. Hasil Konsep Sketsa Sudu Spiral	24
Gambar 4.2. Hasil Sketsa Dua Sudu Tipe U Tanpa Tingkat	25
Gambar 4.3. Hasil Sketsa Tiga Sudu Tipe U Bertingkat	27
Gambar 4.4 Pohon Objektif Untuk Pemilihan Jenis Sudu Turbin Angin Savonius	28
Gambar 4.5. Hasil Konsep Rotor Turbin Angin Savonius Yang Dipilih	32

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
$P$ =	Daya rotor	(W)
$\rho$ =	Masa jenis udara	(kg/m <sup>3</sup> )
$R$ =	Jari-jari sudu turbin	(m)
$V$ =	Kecepatan angin	(m/s)
=	<i>Tip speed ratio</i>	-
$N$ =	Putaran rotor	(radian)
$E_k$ =	Energi kinetik	(J)
$m$ =	Massa	(kg)
$P_i$ =	Daya angin	(W)
$C_p$ =	Koefisien daya	(%)
$A$ =	Luas penampang	(m <sup>2</sup> )
$T$ =	Torsi	(N/m)
$F_o$ =	Daya turbin angin	(W)
=	Kecepatan sudut	(rpm)

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Perancangan ini dilakukan karena melihat kurangnya pemanfaatan energi angin oleh masyarakat. Sehari-harinya banyak energi angin yang terbuang begitu saja, sebenarnya energi angin ini bisa dimanfaatkan menjadi sumber energi listrik. Pada dasarnya sumber energi listrik berasal dari bahan bakar fosil yang sifatnya tidak terbarukan. Jika sumber energi listrik terus menerus bergantung pada bahan bakar fosil maka suatu saat akan habis.

Dari itulah dalam perancangan ini digunakan energi angin sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk sumber energi listrik, walaupun energi angin ini belum dapat sepenuhnya sebagai pengganti bahan bakar fosil. Energi angin sendiri suatu sumber daya yang berlimpah, ramah lingkungan, dan bersifat terbarukan. Cara yang tepat untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik adalah dengan cara merancang sudu turbin angin yang sesuai dengan kondisi angin di wilayah tersebut. Perancangan sudu turbin angin sangat berpengaruh pada kinerja turbin angin.

Turbin angin dibedakan menjadi dua yaitu turbin angin sumbu horisontal 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 ke angin untuk bekerja kemudian turbin bisa bekerja pada kondisi angin yang tidak stabil dan relatif rendah. Berdasarkan masalah tersebut akan dilakukan perancangan turbin angin sumbu vertikal tipe savonius dengan menggunakan desain terbaik. Kemudian dilakukan pengujian dan pengukuran terhadap variasi jumlah sudu untuk mengetahui kinerja turbin yang sudah dirancang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang dapat di deskripsikan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang rotor turbin angin savonius dengan kapasitas maksimum 300 watt
2. Bagaimana merancang tiga konsep rotor turbin angin savonius dengan kapasitas maksimum 300 watt
3. Bagaimana memilih konsep rotor turbin angina savonius yang terbaik setelah dilakukan perancangan pada setiap konsep

## 1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini menjadi lebih terarah dan fokus pada ruang lingkup, maka dalam penelitian ini diberi batasan. Batasan dalam ruang lingkup ini adalah merancang sudu turbin angin savonius dengan kapasitas maksimum 300 watt untuk mendapatkan kinerja terbaik.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang di dapat pada “ perancangan sudu turbin angin savonius dengan kapasitas maksimum 300 watt ”

1. Untuk merancang sedikitnya tiga konsep rotor turbin angin savonius.
2. Untuk memilih konsep yang terbaik dan menggambar secara detail hasil pilihan konsep tersebut.
3. Untuk mengevaluasi kinerja rotor berdasarkan hasil rancangan.

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini ialah:

1. Dapat mengembangkan sumber energi angin menjadi energi listrik.
2. Dapat merancang dengan sketsa ataupun dengan perangkat lunak.
3. Dapat memanfaatkan energi angin yang terbuang menjadi energi yang terbarukan

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

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

Arfie ikhsan firmansyah dan Zulkarnain (2012) melakukan penelitian tentang perancangan bilah turbin pembangkit listrik tenaga angin kapasitas 100 kW menggunakan studi aerodinamika. Besar energi listrik yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga angin sangat dipengaruhi oleh unjuk kerja bilah turbin (rotor) untuk menghasilkan putaran. Putaran bilah turbin menghasilkan torsi untuk memutar generator. Putaran dan torsi pada bilah dipengaruhi oleh aerodinamika bilah turbin dan kecepatan angin. Unjuk kerja bilah bilh turbin pembangkit listrik tenaga angin dapat ditingkatkan dengan perhitungkan karakteristik aliran fluida yang menyentuh permukaan bilah turbin (*aerodynamics analysis*).

Berdasarkan pernyataan diatas perlu dilakukan perancangan bilah turbin yang efisiensi secara aerodinamika. Aerodinamika bilah turbin dapat diuji dengan terowongan angin (*wind tunnel*), tetapi pengujian terowongan angin membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu dibutuhkan metode yang lebih efisien. *computational fluid dynamic* (CFD) merupakan salah satu metode simulasi yang bisa digunakan untuk menguji kinerja aerodinamika bilah turbin. Di beberapa kasus, metode ini valid dan reliabel untuk analisis aerodinamika bilah turbin.

Astu pudjanarsa dan Djati nursuhud (2006) dalam buku yang berjudul “mesin konversi energi“ menerangkan tentang energi angin sebagai pesawat konversi. Kincir angin pertama kali yang digunakan untuk membangkitkan listrik dibangun oleh P. La Cour dari Denmark di akhir abad IX. Setelah perang dunia I, layar dengan airfoil berpenampang melintang menyerupai sudu propeler pesawat terbang digunakan untuk kincir angin, yang sekarang disebut *propeler type windmill*, atau *wind turbine*.

Eksperimen pada kincir angin sudu kembar dilakukan di USA, khususnya di tahun 1940, dimana dibangun suatu kincir angin yang besar yang disebut mesin smith-putman, yang dirancang oleh Palmer Putman dengan asisten dari Theodore Von Karman. Suatu pembangkit berkapasitas 1,25 MW telah dibuat oleh Morgen Smith Company dari York Pennsylvania. Kincir angin bersudu kembar dengan diameter propeler 175 ft (55 m) (bertipe rotor) beratnya 16 ton, dipasang diatas menara setinggi 10 ft (34), dan berputar pada 28 rad/men. Salah satu sudunya patah pada tahun 1945.

Brian Ardiatama, dkk (2017) melakukan penelitian tentang rancang bangun mesin turbin angin vertikal savonius sebagai penggerak pompa air. Pada sektor pertanian penggunaan pompa air bahan bakar fosil sangat efektif untuk pengairan sawah tetapi juga memberikan dampak ekonomi karena para petani harus membeli bahan bakar dan sewa pompa air tersebut. Pada sisi lain sawah sebagai salah satu lahan terbuka sehingga cukup membantu terjadinya angin. Energi angin ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan tertentu. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui kecepatan angin rata-rata untuk daerah Jawa Timur adalah 3 m/s. Kecepatan angin ini tergolong rendah namun tidak berarti tidak bisa dimanfaatkan (Akbar Rachman 2012). Turbin angin dirancang dengan geometri dasar tipe L dengan jumlah sudu 4 agar menghasilkan daya dorong yang lebih besar dan berputar stabil pada kecepatan angin yang berubah-ubah. Jenis pompa yang digunakan adalah jenis perpindahan positif tipe diafragma karena memiliki gaya gesek rendah sehingga sesuai dengan karakteristik teoritis turbin angin yang memiliki putaran rendah.

Daniel Parenden dan Ferdi H.Sumbung (2013) melakukan penelitian tentang rancang bangun turbin savonius sebagai sumber energi listrik. Turbin angin pertama sebagai pembangkit tenaga listrik adalah berupa sebuah turbin angin tradisional yang dibuat oleh Poulla Courdidenmark lebih dari 100 tahun yang lalu. Berikutnya baru di awal yang abad ke-20, mulai dari mesin eksperimental untuk turbin angin ini. Pengembangan lebih serius baru dilakukan pada saat terjadi krisis minyak pada era 1970-an, dimana banyak pemerintah diseluruh dunia mulai mengeluarkan dana untuk riset dan pengembangan sumber

energi alternatif. Di awal 80-an, terlihat pengembangan utama dilakukan di California dengan pembangunan ladang pembangkit listrik dengan ratusan turbin angin, sehingga sampai akhir dekade tersebut sudah terbangun 15.000 turbin angin dengan kapasitas pembangkit total sebesar 1.500 MW di daerah itu (Ackerman dan Sinkler, 200). Turbin dengan konstruksi sederhana yang cocok untuk penggunaan dipedesaan adalah turbin angin jenis savonius, turbin ini termasuk jenis turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin savonius pertama kali ditemukan oleh S.J Savonius pada tahun 1924. Sudu pada turbin ini menyerupai huruf S. Yang terdiri dari dua buah berbentuk setengah silinder. Turbin ini mengutamakan impuls dari energi angin (*drag forces*) untuk dirubah menjadi putaran turbin. Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian diperoleh bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin daya yang dihasilkan semakin besar, sedangkan untuk efisensi yang diperoleh semakin besar kecepatan angin maka efisensi semakin menurun kecil.

Daniel Teguh Rudianto dan Nurfi Ahmadi (2016) melakukan penelitian tentang rancang bangun turbin angin savonius 200 watt. Penelitian tentang rancang bangun turbin savonius telah banyak di lakukan, namun belum ada yang secara spesifik membahas rancang bangun turbin savonius dengan daya 200 watt. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah bagaimana rancang bangun turbin angin yang mudah dibuat dengan harga yang terjangkau, serta mampu memenuhi kebutuhan listrik untuk menyalakan kotak pendingin ikan sebesar 200 watt. Ukuran menjadi salah satu pertimbangan utama perancangan turbin. Ukuran turbin diharapkan tidak terlalu besar sehingga tidak memakan tempat yang luas, dan harus pada ketinggian yang aman karena putaran turbin dapat berbahaya bagi anak-anak maupun orang dewasa. Adapun tahapan yang dilakukan adalah. a) Studi literatur yaitu dengan mempelajari beberapa referensi yang mampu menunjang untuk melakukan penelitian. Referensi yang digunakan antara lain bersumber dari buku-buku, artikel, sumber dari internet, serta sumber-sumber lain yang berhubungan dengan rancang bangun turbin savonius. b) Metode eksperimen yaitu melakukan penelitian dengan membuat model turbin angin tipe savonius 3 sudu dengan dimensi sesuai rentang kinerja yang dikehendaki, yaitu untuk kecepatan angin 3 m/s sampai dengan 17 m/s. c) Model turbin diuji secara

simulasi untuk mengetahui besar kecepatan putaran turbin yang dihasilkan pada kecepatan angin 2 m/s; 4 m/s; 6m/s. d) Analisa hasil pengujian turbin angin dilakukan untuk mengetahui unjuk kerjanya dan upaya-upaya mengatasi kekurangan yang terjadi pada rancangan turbin.

Hasrofiddin, dkk (2014) melakukan penelitian tentang perancangan turbin angin tipe *hybrid* savonius darrieus sumbu vertikal. Penelitian tentang turbin angin sudah banyak dilakukan namun banyak penelitian yang belum disesuaikan dengan kondisi alam Indonesia, sebagai negara yang potensi angin melimpah namun kondisi anginnya tidak stabil dan kecepatan angin rendah. 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 dilakukan, turbin tidak harus diarahkan ke angin untuk bekerja kemudian turbin bisa bekerja pada kondisi angin yang tidak stabil dan relatif rendah. Turbin angin sumbu vertikal terdiri dari beberapa tipe diantaranya adalah turbin angin vertikal tipe savonius dan turbin angin vertikal tipe darrieus. Kelebihan dan kekurangan dari kedua turbin angin adalah, turbin angin tipe savonius bekerja dengan gaya dorong (*drag*) memiliki kemampuan *self starting* pada kecepatan angin yang relatif rendah sehingga tidak diperlukan bantuan dorong eksternal, kelemahannya adalah efisiensinya masih sangat rendah dan kecepatan maksimum rotor tidak bisa melebihi kecepatan angin, sedangkan turbin tipe darrieus bekerja dengan gaya angkat (*lift*). Kelebihan turbin darrieus adalah kemampuan mengekstrasi daya dari *fluida* dengan baik terutama pada kecepatan angin tinggi, kelemahannya adalah putaran awal turbin memerlukan daya angin yang tinggi sehingga memerlukan sumber eksternal sebagai pendorong awal. Tujuan dari penelitian adalah untuk merancang turbin angin tipe *hybird* savonius-darrieus, merancang turbin yang mampu bekerja pada kecepatan angin rendah dengan kondisi angin yang tidak stabil, dan untuk menegetahui kinerja turbin terhadap variasi sudut *pitch*.

Machrus Ali, dkk (2015) melakukan pengujian tentang desain *pitch angle controller* turbin angin dengan *permanent magnetic synchronous generator* (PMSG) menggunakan *imperialist competitive algorithm* (ICA). *permanent*

*magnetic synchronous* generator (PMSG) merupakan generator sinkron yang mempunyai magnet permanen. PMSG ini akan dikopel dengan turbin angin agar menghasilkan energi listrik, sehingga dengan adanya PMSG dapat mengurangi biaya pengeluaran yang mahal. PMSG mempunyai efisiensi yang kurang optimal untuk menghasilkan daya listrik. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan angin, *pitch angle* dan lain-lain. Oleh karena itu, PMSG perlu dikontrol untuk menghasilkan daya yang optimal. Tujuan dari controller dapat diringkas dalam tiga tujuan sebagai berikut :

1. Mengoptimalkan output daya ketika kecepatan angin kurang dari kecepatan angin.
2. Menjaga daya rotor di batas desain saat kecepatan angin diatas kecepatan angin.
3. Minimalkan beban mekanik turbin.

Melda latif (2013) melakukan pengujian tentang efisiensi prototype turbin savonius pada kecepatan angina rendah. Energi angina merupakan salah satu bentuk sumber energi listrik yang dapat digunakan dengan gratis. Kawasan yang berpotensi memiliki angin yang banyak diantara lain daerah pegunungan dan daerah pantai. Sumatera barat banyak memiliki pantai seperti pantai Carolina di kota Padang dan pantai ketaping di kota Pariaman. Berdasarkan data BMKG kota padang tahun 2010, kota padan danj pariaman adalah daerah dengan kecepatan angina yang termasuk dalam kategori rendah. Untuk mengekstrak energy angina menjadi energy listrik digunakan suatu system konversi energy angina dengan menggunakan turbin angina. Pada umumnya bentuk turbin angina yang banyak digunakan adalah turbin angina sumbu horizontal (*horizontal axis wind turbine – HAWT*) , walaupun begitu turbin angina sumbu vertikal (*vertical axis wind turbine-VAWT*) menjadi alternative untuk menghasilkan energy listrik di sebabkan oleh beberapa keuntungannya. Salgolzali menyatakan bahwa VAWT memiliki kecepatan putar rendah tapi memiliki torka tinggi. Sementara, Atmadi et. Al dan adam mendiskusikan VAWT memiliki keuntungan seperti desain yang sderhana, *tip speed ratio* yang rendah sehingga tidak rusak pada kecepatan tinggi, dan bilah turbin angina yang memiliki arah vertikal dimana gerakan sudu sejajar arah angin

sehingga turbin akan responsive terhadap arah angin dan tidak memerlukan mekanis sebagai sumber pengatur arah turbin. Penelitian lain yaitu M.R. Islam et.al memperkirakan bahwa beberapa tahun kedepan teknologi VAWT akan menunjang biaya produksi yang murah disamping bahwa VAWT hanya memerlukan ruang untuk instalasi yang tidak luas. Dalam perkembangannya penelitian tentang VAWT ini diarahkan pada pembuatan dan penerapan dengan biaya murah seperti VAWT dapat beroperasi pada *tip speed ratio* rendah, dapat dioperasikan pada ketinggian yang mendekati permukaan daratan, dan juga material baling-baling turbin yang tidak mahal. Untuk itu dalam penelitian ini dirancang suatu prototype yang dianggap cukup murah secara ekonomi sehingga dapat di aplikasikan oleh masyarakat pada umumnya.

R.A. Siregar dan C.A.Siregar (2019) melakukan pengujian tentang pembangunan turbin angin darrieus-savonius sebagai ikon wisata laut dan kuliner di Belawan. Turbin angin jenis kombinasi Darrieus-Savonius banyak dipilih sebagai pembangkit listrik pada lampu jalan untuk daerah pesisir pantai. Pada program kemitraan masyarakat (PKM) ini, fungsi utama turbin angin yang sejatinya adalah pembangkit listrik energi terbarukan sedikit dialihkan menjadi ikon wisata laut dan kuliner di pinggir laut kota Medan tepatnya di kecamatan Medan Belawan. Generator angin ini dapat bekerja pada angin kecepatan rendah, mulai dari 1,5 m/detik hingga batas maksimum 45 m/detik yang sangat sesuai dipasang di Belawan, dekat dengan dermaga rakyat jembatan titi panjang. Melalui kegiatan ini dermaga rakyat akan diterangi lampu hiasan dengan sumber listrik berasal dari turbin angin yang dipasang dekat dengan restoran masyarakat. Proses pemilihan lokasi dan jenis turbin angin dipaparkan dengan menggunakan metode matrik keputusan. Hasil kegiatan ini adalah pembangunan ikon baru bagi wisata laut dan kuliner di Belawan yang akan menjadi penanda lokasi dan daya tarik pelanggan kuliner.

Ruzita Sumiati (2012) melakukan pengujian tentang turbin angin savonius tipe U tiga sudu di lokasi pantai air tawar padang. Kondisi data kecepatan angin Indonesia khususnya kota Padang mempunyai kecepatan angin rendah berkisar antara 3m/s – 7m/s jadi jenis turbin angin vertikal savonius dirasa sangat cocok

untuk diterapkan karena lebih mudah berputar pada kondisi kecepatan angin rendah. Tujuan yang hendak dicapai adalah mengetahui unjuk kinerja turbin angin savonius tipe U tiga sudu melalui pengujian yang dihasilkan alternator. Lokasi pengujian di pantai air tawar Padang, dari hasil pengujian di dapatkan putaran maksimum rotor adalah 196 rpm pada kecepatan angin 7,9m/s, besar daya 126 watt. Untuk putarana minimum rotor 53 rpm pada kecepatan angin 2,7m/s tidak mampu menghasilkan daya karena putaran pada poros alternator setelah melewati sistem transmisi menjadi 156 rpm sehingga tidak mampu membangkitkan listrik, dimana spesifikasi alternator yang dipakai baru mampu menghasilkan listrik jika putaran besar dari 300 rpm.

Syamsul Bahri, dkk (2014) melakukan penelitian tentang unjuk kerja turbin angin savonius dua tingkat empat sudu lengkung L. Pada penelitian ini telah dilakukan perencanaan, pembuatan dan pengujian turbin angin savonius dua tingkat menggunakan sudu tipe L. Turbin ini terdiri dari dua buah sudu tiap tingkat yang dipasang dengan beda sudut 90 derajat. Sudu (*bucket*) terbuat dari bahan plat plastik dengan ketebalan 2 mm. Hasil pengujian diperoleh putaran maksimum pada beban generator dan lampu 3.8 V adalah 62 rpm dan daya yang dibangkitkan sebesar 13,81 W pada kecepatan angin 8.05 m/s. Putaran minimum yang dihasilkan turbin angin savonius dua tingkat dengan beban generator adalah 29 rpm dan daya yang dibangkitkan adalah 6,46 W pada kecepatan angin 3,72 m/s.

## 2.2 Pengertian Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Di antara keputusan penting tersebut termasuk keputusan yang membawa akibat apakah industri dalam negeri dapat berpartisipasi atau tidak dalam suatu pembangunan proyek. Dalam melakukan tugas perancangannya, perancang memakai dan memanfaatkan ilmu pengetahuan, ilmu dasar teknik, pengetahuan empirik, hasil-hasil penelitian, informasi dan teknologi, yang semuanya dalam versi perkembangan dan kemajuan muktahir.

Sebelum sebuah produk dibuat, maka produk tersebut haruslah dirancang terlebih dahulu, dalam bentuknya yang paling sederhana, hasil rancangan dapat berupa sebuah skets atau gambar sederhana dari produk atau benda teknik yang akan dibuat. Dalam hal si pembuat produk adalah si perancangnya sendiri, maka skets atau gambar yang dibuat cukup sederhana saja asal dimengertinya sendiri.

### 2.3 Definisi Angin

Angin adalah aliran udara dalam jumlah yang besar diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan tinggi ketempat bertekanan rendah. Perbedaan suhu di atmosfer menyebabkan tekanan udara, dan mengakibatkan udara terus-menerus mengalir dari tekanan tinggi ketekanan rendah. Bila terjadi perbedaan diantara pusat tekanan (yakni suhu atmosfer) terlalu tinggi, arus udara (yakni angin) menjadi sangat kuat. Kecepatan angin dipengaruhi letak tempat dan ketinggian, dimana letak tempatnya lebih cepat didekat khatulistiwa dari pada jauh dari garis khatulistiwa dan semakin tinggi tempatnya maka semakin kencang angin yang bertiup pada ketinggiannya. Ketinggian angin tersebut disebabkan oleh gunung, pohon, dan bagian permukaan bumi yang tidak rata lainnya.

#### 2.3.1 Kecepatan Angin

Data kecepatan angin dapat diperoleh di kantor-kantor badan meteorologi. Lazimnya data kecepatan dan arah angin (harian atau bulanan). Kecepatan angin biasanya dinyatakan dengan satuan knot atau m/s. Fenomena angin di laut atau di daratan diklasifikasikan dengan bilangan *Beaufort* ( $B_n$ ). Agar umur turbin yang dirancang bertahan lama maka *wind design speed* diambil pada  $B_n = 10$  (1.k 26 m/s). Untuk pemasangan sampai 15 meter, kecepatan praktis tidak banyak bervariasi. Pembangkit tenaga angin tidak digunakan di sembarang tempat karena area yang akan dipasang pembangkit ini harus memiliki hembusan angin dengan kecepatan tinggi dan stabil. Pembangkit tenaga angin dapat digunakan untuk skala kecil, menengah, dan besar. Area yang sesuai untuk pemasangan pembangkit ini adalah pantai, pesisir, dan pergunungan. Indonesia, negara kepulauan dengan 2/3 wilayahnya berupa lautan dan mempunyai garis pantai

terpanjang didunia, yakni  $\pm 80.790,42$  km, merupakan wilayah potensial untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga angin. Namun potensi ini tampaknya belum menjadi perhatian pemerintah indonesia.

### 2.3.2 Energi Angin

Energi angin adalah suatu massa yang bergerak dengan kecepatan tertentu, energi ini biasa disebut energi gerak, didalam energi gerak ini terkandung energi potensial atau energi kinetik, energi gerak angin bisa diubah menjadi energi mekanik dengan bantuan turbin angin. Maka kekuatan angin tidak tertentu, karena semakin kencang angin bertiup maka semakin besar kekuatan yang diperoleh, mungkin saja pengaruh kondisi alam. Biasanya kekuatan angin berpengaruh pada suhu panas. Energi angin adalah sumber energi terbarukan dan tidak menghasilkan polutan atau emisi selama operasi yang dapat membahayakan lingkungan, selain yang diperlukan untuk pemeliharaan. Energi angin merupakan salah satu metode yang terbersih dan teraman dari pembangkit listrik terbarukan. Pengumpulan angin dapat dibuat untuk perangkap energi angin dengan menempatkan beberapa turbin angin di lokasi yang sama untuk tujuan menghasilkan sejumlah besar tenaga listrik. Energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu-sudu kincir angin.

### 2.4 Turbin Angin

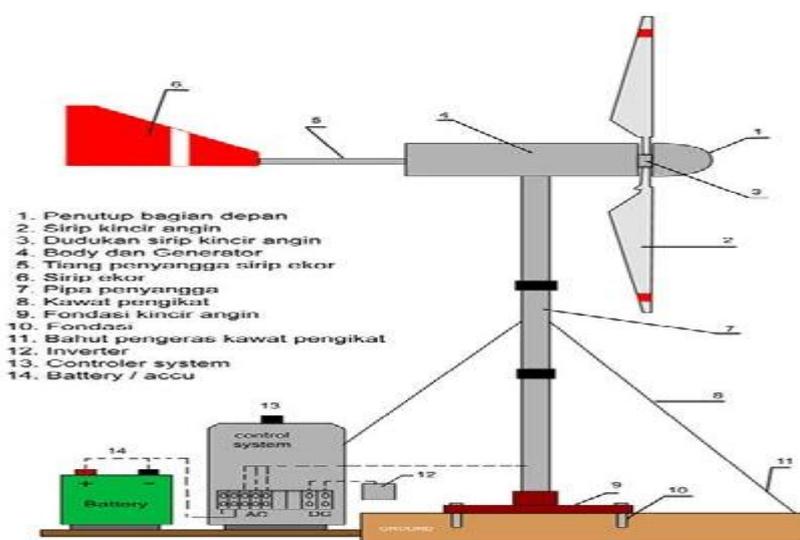


Gambar 2.1 Turbin Angin (Hans Hillewaert 2008)

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasikan

kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan lain lain. Turbin angin pertama sebagai pembangkit listrik adalah berupa sebuah turbin angin tradisional yang dibuat oleh Poulla Courdidenmark lebih dari 100 tahun yang lalu. Di awal tahun 80-an, terlihat pengembangan utama turbin angin dilakukan di California dengan pembangunan ladang pembangkit listrik dengan ratusan turbin angin, sehingga sampai akhir dekade tersebut sudah terbangun 15.000 turbin angin dengan kapasitas pembangkit total sebesar 1.500 mw di daerah itu. Kini turbin angin banyak digunakan untuk mengakomodasikan kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional, turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapi dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarui (contoh: batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

Cara kerja turbin angin cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Secara sederhana sketsa turbin angin adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Bagian-Bagian Turbin Angin (Jurnal Ilmiah 2012)

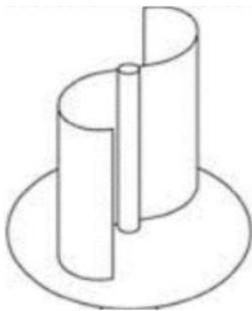
#### 2.4.1 Turbin Angin Savonius

Turbin angin dengan konstruksi sederhana yang ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius (1922). Turbin yang termasuk dalam kategori TASV (Turbin Angin Sumbu Vertikal) ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin savonius cukup sederhana, prinsip kerjanya berdasarkan *differential drag windmill*.

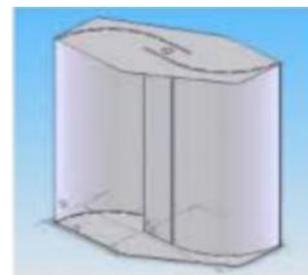


Gambar 2.3 Turbin Angin Savonius(Toshihiro Oimatsu 2006)

Turbin angin savonius ini adalah jenis turbin angin tipe drag, dimana turbin ini menghasilkan daya dengan memanfaatkan gaya drag yang dihasilkan dari tiap-tiap sudunya. Drag merupakan gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu. Turbin angin savonius bisa berputar pada kecepatan angin rendah, proses manufaktur turbin angin savonius mudah dan memiliki koefisien daya rendah. Turbin angin savonius ini memiliki 2 jenis tipe bilah yaitu tipe bilah U dan tipe bilah L.



Gambar 2.4 Sudu Tipe U



Gambar 2.5 Sudu Tipe L

## 2.4.2 Turbin Angin Darrieus

Turbin angin darrieus adalah jenis turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang digunakan untuk menghasilkan listrik dari energi angin. Turbin terdiri dari sejumlah bilah aerofoil melengkung yang dipasang pada poros atau kerangka berputar. Kelengkungan bilah memungkinkan blade ditekankan hanya pada tensi pada kecepatan putar tinggi. Ada beberapa turbin angin yang berhubungan erat yang menggunakan bilah lurus. Desain turbin ini dipatenkan oleh Georges Jean Marie Darrieus, seorang insinyur penerbangan Perancis, pengajuan paten adalah 1 Oktober 1926. Ada kesulitan besar dalam melindungi turbin Darrieus dari kondisi angin ekstrem dan membuatnya menjadi pemula.



Gambar 2.6 Turbin Angin Darrieus(Stahlkocher 2007)

## 2.5 Perancangan Rotor Turbin Angin Savonius

### 1. Penentuan luas permukaan (*swept area*)

Penentuan luas permukaan bilah turbin angin savonius digunakan persamaan Hukum Betz , sebagai berikut :

$$P = 0.5\alpha r^2 v^3 \quad (1)$$

Dimana:  $p$  = Daya pada rotor (kW)  
 $\alpha$  = Efisiensi rotor (0,25 s.d 0,30)  
 $\rho$  = Berat jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $r$  = Jari-jari sudu turbin (m)  
 $v$  = Kecepatan angin (m/s)

## 2. Penentuan jumlah sudu turbin

Jumlah sudu turbin ( $B$ ) dipengaruhi oleh perbandingan putaran putaran geometri bilah turbin dengan kecepatan angin atau dikenal dengan nilai *tip speed ratio* (  $\lambda$  ) desain, yang diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{2.\pi.R.N}{6 .V} \quad (2)$$

Dimana :  $R$  = Radius turbin angin  
 $N$  = Putaran rotor  
 $V$  = Kecepatan angin

## 3. Energi kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dihasilkan suatu benda dikarenakan gerakan. Massa dan kecepatan juga berpengaruh pada energi kinetik. Sehingga dapat dirumuskan dengan:

$$E_k = \frac{1}{2} m . v^2 \quad (3)$$

Dimana:  $E_k$  = Energi kinetik  
 $m$  = Massa  
 $v$  = Kecepatan angin

## 4. Daya angin

Daya angin ( $P_{t1}$  ) adalah daya yang dihasilkan oleh bilah turbin angin yang diakibatkan oleh hembusan angin. Daya angin dapat dirumuskan dengan:

$$P_{ti} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (4)$$

Dimana:  $\rho$  = Massa jenis udara  
 $A$  = Luas penampang bilah

### 5. Torsi

Torsi adalah gaya yang bekerja pada poros yang dihasilkan oleh gaya dorong pada bilah-bilah turbin angin. Perhitungan nilai torsi dapat dirumuskan dengan:

$$T = F \cdot L \quad (5)$$

Dimana:  $F$  = Gaya pembebanan  
 $L$  = panjang lengan torsi ke poros bilah

### 6. Daya bilah turbin angin

Daya turbin angin ( $P_o$ ) adalah daya dihasilkan oleh turbin angin karena putaran bilah turbin, putaran bilah turbin angin tersebut menghasilkan energi kinetik yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik. Perhitungan nilai daya bilah turbin angin dirumuskan sebagai dengan:

$$P_o = T \cdot \omega \quad (6)$$

Dimana:  $P_o$  = Daya yang dihasilkan oleh bilah turbin angin  
 $\omega$  = Kecepatan sudut

### 7. Tip speed ratio

*Tip speed ratio* adalah perbandingan antara kecepatan linear lingkaran terluar bilah dengan kecepatan angin. Perhitungan nilai *Tip speed ratio* dirumuskan dengan:

$$Tsr = \frac{\omega.r}{v} \quad (7)$$

Dimana:  $r$  = Jari-jari bilah turbin angin

$v$  = Kecepatan angin

#### 8. Koefisien daya

Koefisien daya adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh bilah turbin angin ( $P_o$ ) dengan daya yang disediakan oleh angin ( $P_{ti}$ ). Perhitungan nilai koefisien daya dirumuskan dengan:

$$C_p = \frac{P_o}{P_{ti}} \cdot 100\% \quad (8)$$

#### 2.5 Solidworks

*Solidworks* adalah salah satu CAD *software* yang dibuat oleh Dassault Systemes. *Software Solidworks* digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan part sebelum real part-nya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses permesinan. *Solidworks* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program CAD seperti Pro-Engineer, NX Siemens, I-Deas, Unigraphics, Autodesk Inventor, Autodeks 17 Autocad dan Catia. *Solidworks Corporation* didirikan pada tahun 1993 oleh Jon Hirschtick, dengan merekrut tim insinyur profesional untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di Concord, Massachusetts, dan merilis produk pertama *Solidworks 95* pada tahun 1995. Pada tahun 1997 Dassault Systemes, yang terdapat pada *Cad software* dikenal dengan Catia Cad software, mengakuisisi perusahaan dan sekarang ini memiliki 100% dari saham *Solidworks*. *Solidworks* dipimpin oleh John Mc.Eleney

dari tahun 2001 hingga Juli 2007, dan sekarang dipimpin oleh Jeff Ray. menurut informasi saat ini banyak industri manufaktur yang sudah memakai *software Solidworks*. *Solidworks* saat ini digunakan oleh lebih dari 3/4 juta insinyur dan desainer di lebih dari 80.000 perusahaan di seluruh dunia. Dahulu di Indonesia orang familiar dengan Autocad untuk desain perancangan gambar teknik, tapi sekarang dengan mengenal *Solidworks*, Autocad sudah jarang digunakan untuk menggambar bentuk 3D. Untuk pemodelan pada industri pengecoran logam dalam hal pembuatan pattern (pola/model), program 3D yang terdapat pada *software Solidworks* sangat membantu dalam pekerjaan, sebab akan memudahkan operator pattern untuk menterjemahkan gambar menjadi pattern/model casting pengecoran logam dan tentunya akan mengurangi kesalahan pembacaan gambar yang bisa mengakibatkan kesalahan pada produk yang dihasilkan.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Perancangan

#### 3.1.1 Tempat Perancangan

Adapun tempat pelaksanaan dilakukan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

#### 3.1.2 Waktu Perancangan

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing pada tanggal 28 Oktober 2019 dan terlihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 : Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		10	11	12	1	2	3
1	Study literature						
2	Menggambar sketsa rotor turbin angin savonius						
3	Perancangan rotor turbin angin savonius						
4	Hasil rancangan rotor turbin angin savonius						
5	Evaluasi hasil rancangan rotor turbin angin savonius						

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1. Alat yang digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam proses perancangan bilah turbin angin savonius adalah sebagai berikut

##### 3.2.1.1. Alat Tulis Menggambar

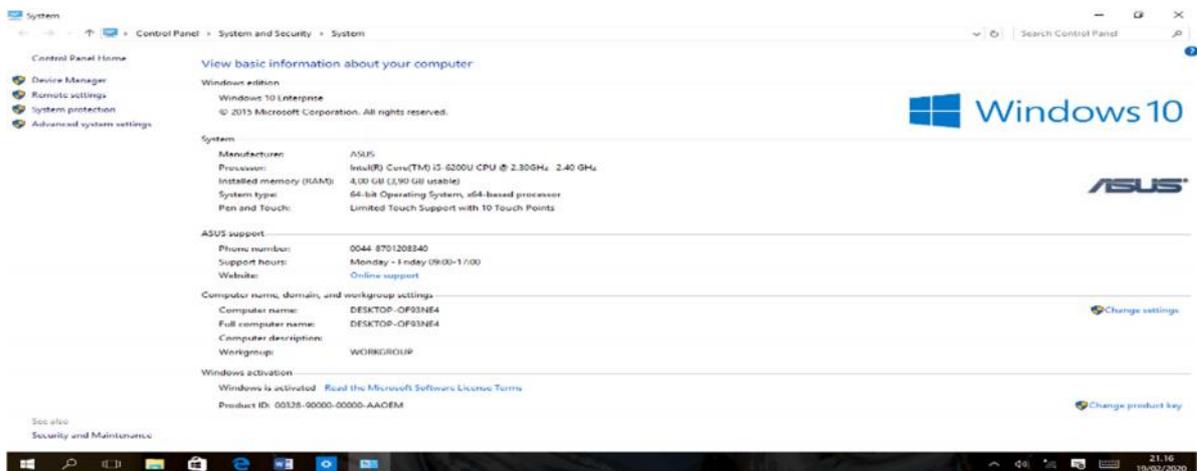
Digunakan untuk menggambar sketsa sudu turbin angin savonius.



Gambar. 3.1. Alat tulis menggambar

### 3.2.1.2.Laptop dan spesifikasinya

Laptop dan spesifikasi yang digunakan untuk merancang dengan software solidwork

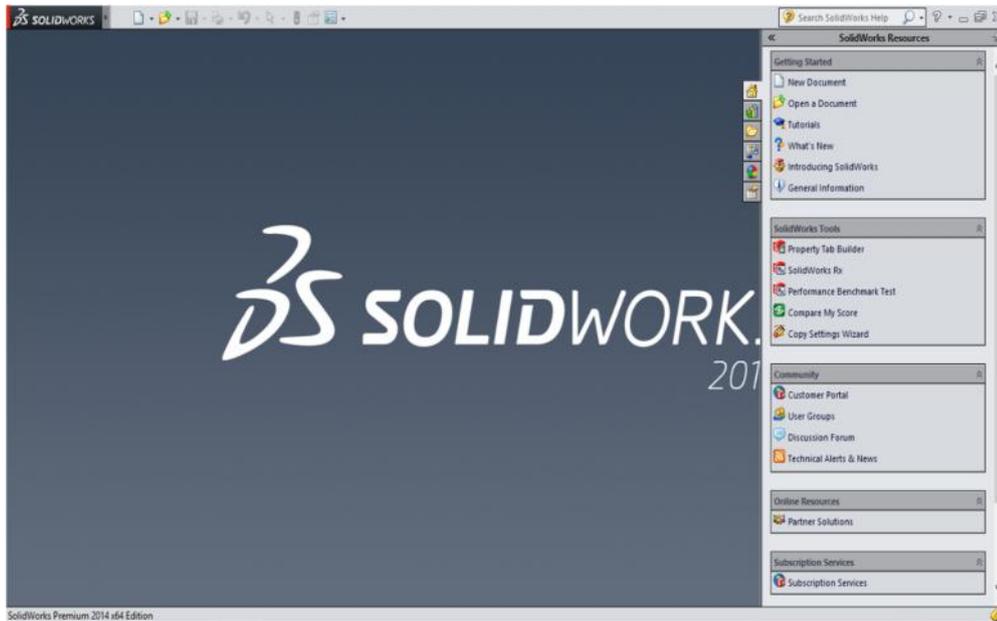


Gambar. 3.2 laptop dan spesifikasinya

### 3.2.1.3. Perangkat Lunak *Solidworks*.

Perangkat lunak *solidworks* yang sudah terinstal pada computer adalah *solidworks* 2014 6bit yang didalamnya terdapat *sketch* gambar 3D adalah sebagai berikut:

1. Processor : AMD with Radeon Support 64 bit Operation System
2. RAM : 4GB or more
3. Disk Space : 5GB or more

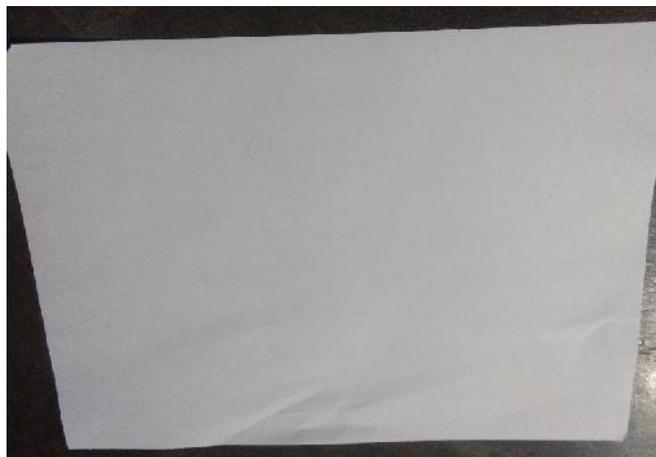


Gambar 3.3 Gambar perangkat lunak solidworks

### 3.2.2 Bahan yang digunakan

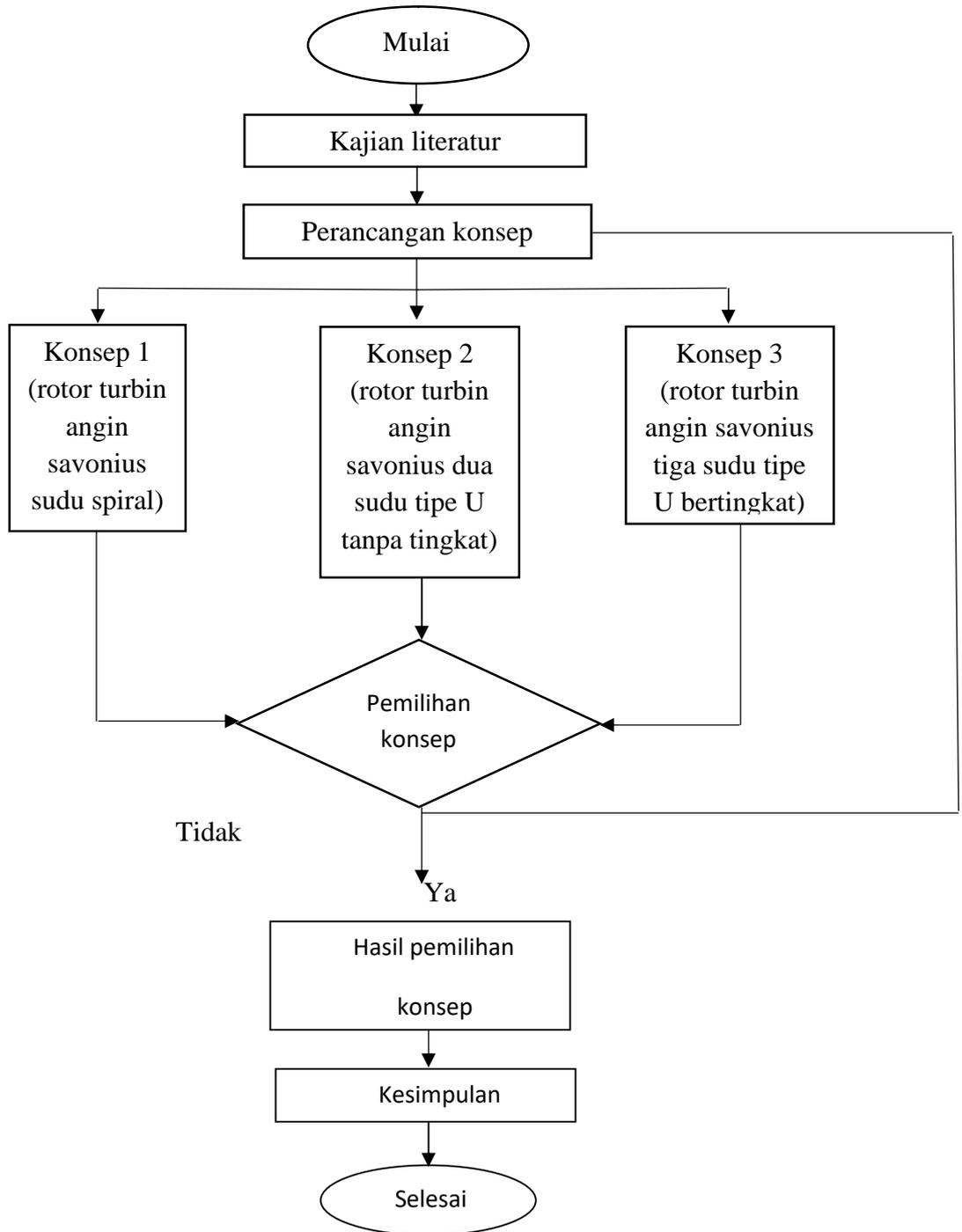
#### 3.2.2.1 Kertas

Digunakan untuk memenggambar sketsa pada tiap-tiap konsep.



Gambar.3.4 Kertas

### 3.3 Diagram Alir Perancangan



Gambar. 3.5. Diagram alir perancangan

### 3.4 Penjelasan Diagram Alir

1. Kajian literature, merupakan bagian sangat penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. kajian literature dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.
2. Perancangan konsep, merupakan konsep pembuatan desain rancangan yang diwujudkan berupa konsep tertulis atau verbal. Konsep meliputi untuk menetapkan pemilihan fungsi, jenis dan hal-hal apa saja yang menyangkut pembuatan rancangan.
3. Konsep 1 adalah perancangan rotor turbin angin sudu spiral
4. konsep 2 adalah perancangan rotor turbin angin dua sudu U tanpa tingkat
5. Konsep 3 adalah perancangan rotor turbin angin tiga sudu U bertingkat
6. Pemilihan konsep, memilih konsep terbaik dari ketiga konsep tersebut
7. Hasil konsep, setelah dilakukan pemilihan konsep maka didapatlah hasil konsep terbaik.
8. Kesimpulan adalah keterangan pada hasil konsep rancangan.

### 3.5 Prosedur Perancangan

1. Mempersiapkan meja kerja untuk membuat sketsa perancangan.
2. Mempersiapkan alat tulis menggambar seperti kertas, pensil, penghapus, penggaris, jangka, dan busur derajat.
3. Membuat sketsa rancangan dengan alat-alat tulis tersebut.
4. Setelah sketsa rancangan berhasil dibuat langkah selanjutnya adalah membuat gambar teknik dengan menggunakan *software solidwork*.
5. Mempersiapkan laptop yang akan digunakan untuk membuat rancangan.
6. Membuka menu *software solidwork* dan mulai merancang desain rotor turbin angin savonius.
7. Gambar teknik yang telah selesai dirancang selanjutnya diprint dan terlampir di lampiran.
8. Prosedur perancangan telah selesai.

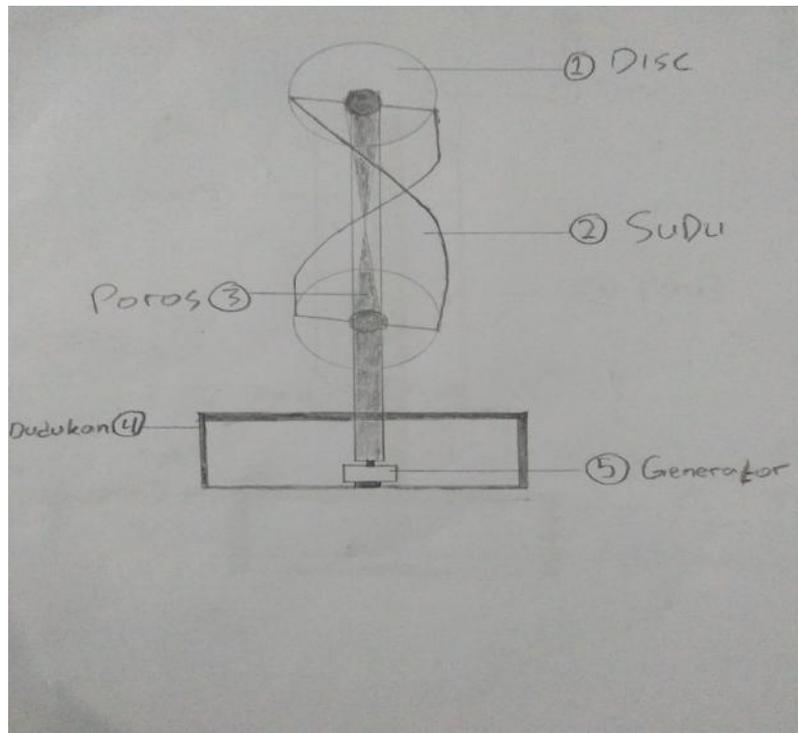
## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Konsep Sketsa Perancangan Rotor Turbin Angin Savonius.

Dalam perancangan ini ada tiga gambar sketsa yang telah di buat, diantaranya adalah :

#### 4.1.1 Konsep sketsa rotor turbin angin savonius dengan sudu spiral.

Konsep pertama adalah rotor turbin angin savonius sudu spiral. Sudu ini beerbentuk huruf x.



Gambar 4.1. Hasil Konsep sketsa sudu spiral

Adapun bagian-bagian yang terdapat pada sketsa diatas adalah sebagai berikut :

1. *Disc* (piringan).

Pada sketsa pertama ini *disc* berdiameter 300 mm dan tebal 5 mm.

2. Sudu

Sudu pada sketsa pertama ini adalah berbentuk spiral yang memiliki tinggi 590 mm dan radius 150 mm.

3. Poros.

Poros berfungsi untuk meneruskan putaran bilah ke generator. Poros disini berdiameter 40 mm dan panjang 1000 mm.

4. Dudukan turbin angin

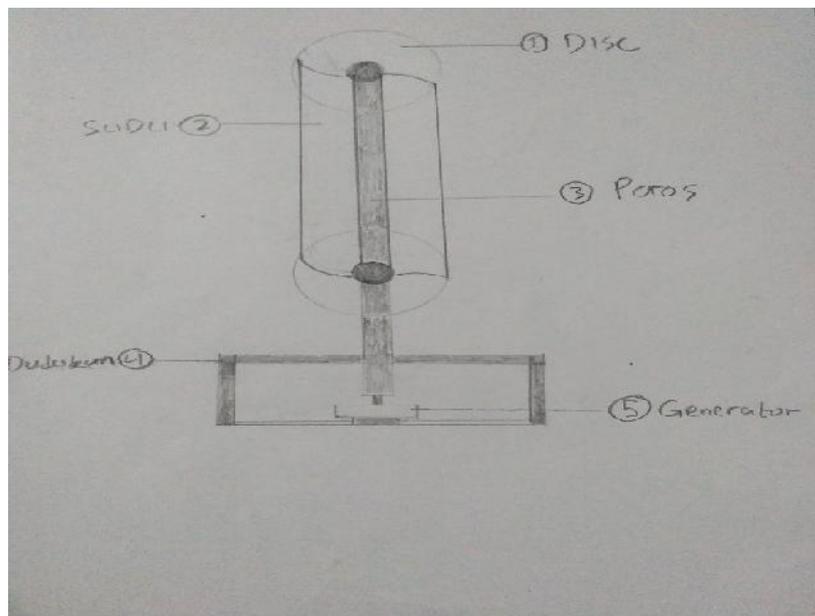
Dudukan turbin angin ini terbuat dari plat besi yang mempunyai lebar 900 mm dan tinggi 300 mm.

5. Generator

Dalam perancangan ini generator yang digunakan adalah generator 250 watt dan putaran 2750 rpm.

4.1.2 Konsep sketsa rotor turbin angin savonius dua sudu tipe U tanpa tingkat.

Gambar sketsa yang kedua adalah turbin angin savonius dua sudu tipe U tanpa tingkat.



Gambar.4.2 Hasil sketsa dua sudu tipe U tanpa tingkat.

Adapun bagian-bagian yang terdapat pada sketsa diatas adalah sebagai berikut :

1. *Disc* (piringan).

Pada sketsa pertama ini *disc* berdiameter 300 mm dan tebal 5 mm.

2. Sudu

Sudu pada sketsa kedua ini adalah berbentuk setengah lingkaran yang memiliki tinggi 590 mm dan radius 150 mm.

3. Poros.

Poros berfungsi untuk meneruskan putaran bilah ke generator. Poros disini berdiameter 40 mm dan panjang 1000 mm.

4. Dudukan turbin angin

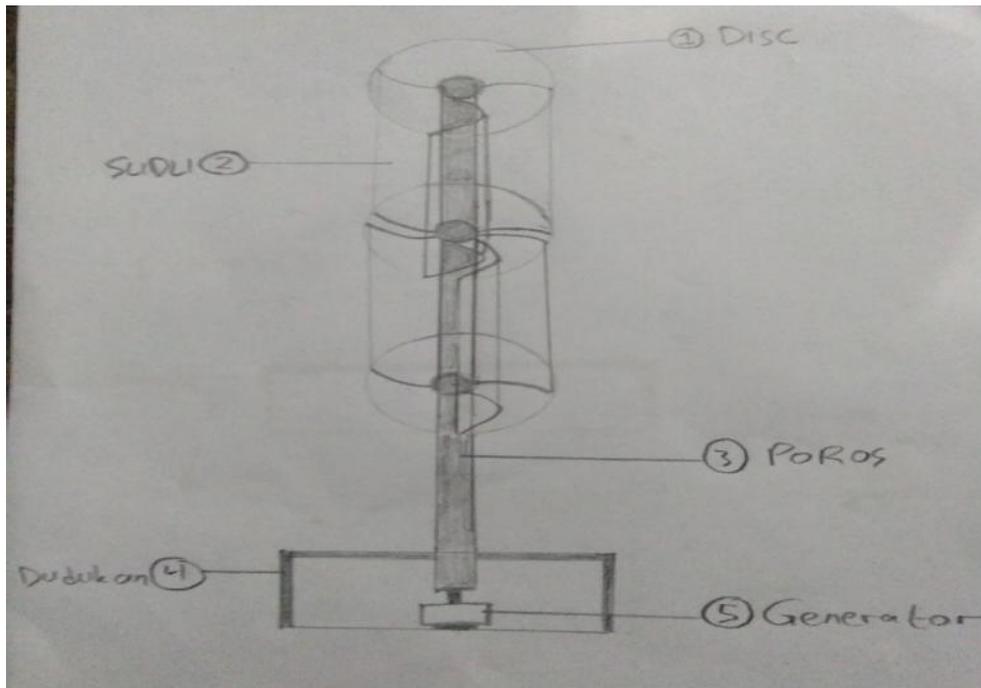
Dudukan turbin angin ini terbuat dari plat besi yang mempunyai lebar 900 mm dan tinggi 300 mm.

5. Generator

Dalam perancangan ini generator yang digunakan adalah generator 250 watt dan putaran 2750 rpm.

4.1.3 Konsep sketsa rotor turbin angin savonius tiga sudu tipe U bertingkat.

Gambar sketsa ketiga ini adalah turbin angin savonius dengan tiga sudu tipe U bertingkat.



Gambar. 4.3 Hasil sketsa tiga sudu tipe U bertingkat.

Bagian bagian yang ada pada sketsa adalah sebagai berikut :

1. *Disc* (piringan).

Pada sketsa pertama ini *disc* berdiameter 300 mm dan tebal 5 mm.

2. Sudu

Sudu pada sketsa kedua ini adalah berbentuk setengah lingkaran yang memiliki tinggi 590 mm dan radius 150 mm.

3. Poros.

Poros berfungsi untuk meneruskan putaran bilah ke generator. Poros disini berdiameter 40 mm dan panjang 1000 mm.

4. Dudukan turbin angin

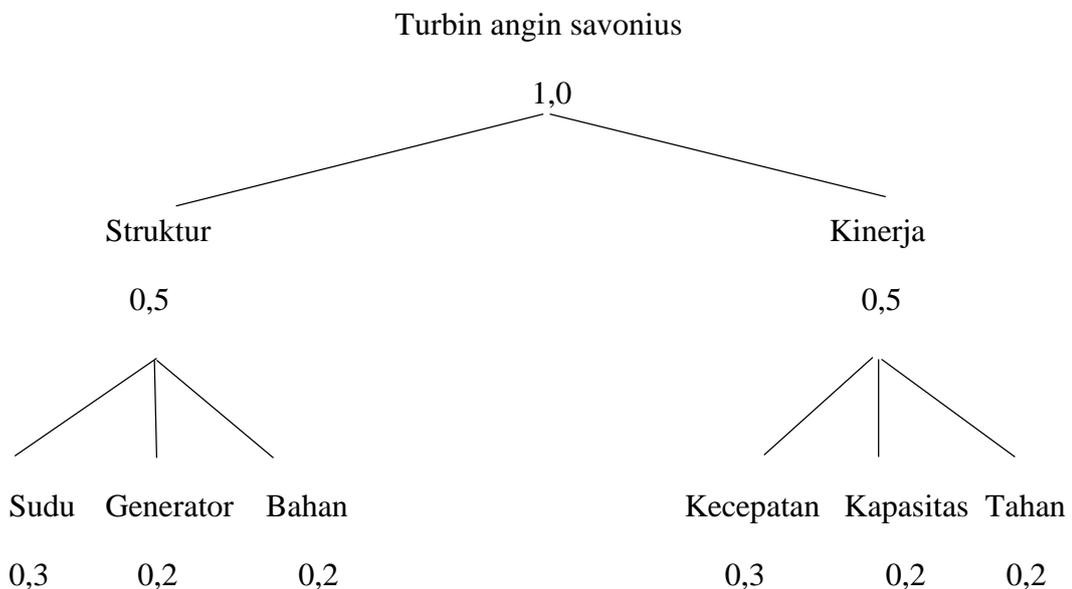
Dudukan turbin angin ini terbuat dari plat besi yang mempunyai lebar 900 mm dan tinggi 300 mm.

5. Generator

Dalam perancangan ini generator yang digunakan adalah generator 250 watt dan putaran 2750 rpm.

#### 4.2 Pemilihan konsep rancangan

Dalam poses pemilihan konsep rancangan sudu turbin angin savonius ini 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 yang dimulai dari 0 hingga 4, kriteria tertentu diberi pemeringkatan dan pada akhirnya penjumlahan dengan nilai terbesar yang dianggap paling baik. Untuk pemilihan jenis sudu turbin angin savonius dibandingkan menjadi tiga konsep yaitu, sudu turbin angin spiral, dua sudu turbin angin savonius tanpa tingkat, dan tiga sudu turbin angin savonius bertingkat. Ketiga konsep ini memiliki kelebihan dan kekurangan yang akan dipilih menjadi 6 (enam) kriteria yang dianggap sesuai seperti yang terlihat pada pohon objektif dibawah ini.



Gambar. 4.4 Pohon objektif untuk pemilihan jenis sudu turbin angin savonius

Hasil analisa dari pemilihan sudu turbin angin savonius ini didapat dengan menggunakan kecepatan angin rata-rata yang di ukur langsung oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) belawan berkisar dari 1,38-5,05 m/s, maka jenis sudu turbin savonius spiral mendapat penialain terkecil. Analisa keenam kriteria menghasilkan nilai tertinggi pada tiga sudu turbin angin savonius bertingkat dengan 2,35, tetapi dua sudu turbin angin savonius tanpa tingkat juga layak di pertimbangkan karena nilainya tidak terpaut jauh. Hasil selengkapnya lihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pemilihan jenis rotor turbin angin dengan metode matrik keputusan

Kriteria	Faktor pemberat	Rotor turbin angin savonius sudu spiral			Rotor turbin angin savonius 2 sudu tipe U tanpa tingkat			Rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat		
		besaran	Angka	nilai	Besaran	angka	nilai	besaran	angka	nilai
Struktur sudu	0,15	Mahal	2	0,3	Murah	4	0,6	Sedang	3	0,45
Struktur generator	0,1	Mahal	2	0,2	Sedang	3	0,3	Sedang	3	0,3
Struktur bahan	0,1	Murah	4	0,4	Sedang	3	0,3	Sedang	3	0,3
Kecepatan awal bekerja	0,15	Tinggi	2	0,3	Sedang	3	0,45	Rendah	4	0,6
Kapasitas listrik	0,1	Besar	4	0,4	Sedang	3	0,3	Sedang	3	0,3
Daya tahan	0,1	Baik	4	0,4	Sedang	3	0,3	Baik	4	0,4
Hasil				2			2,25			2,35

Dapat dijelaskan bahwa tabel 4.1. Pemilihan jenis tiga jenis turbin angin dapat dibandingkan yaitu jenis vertikal, horizontal dan darrieus ketiga jenis ini akan seleksi dengan menggunakan menggunakan enam kriteria sebagai berikut:

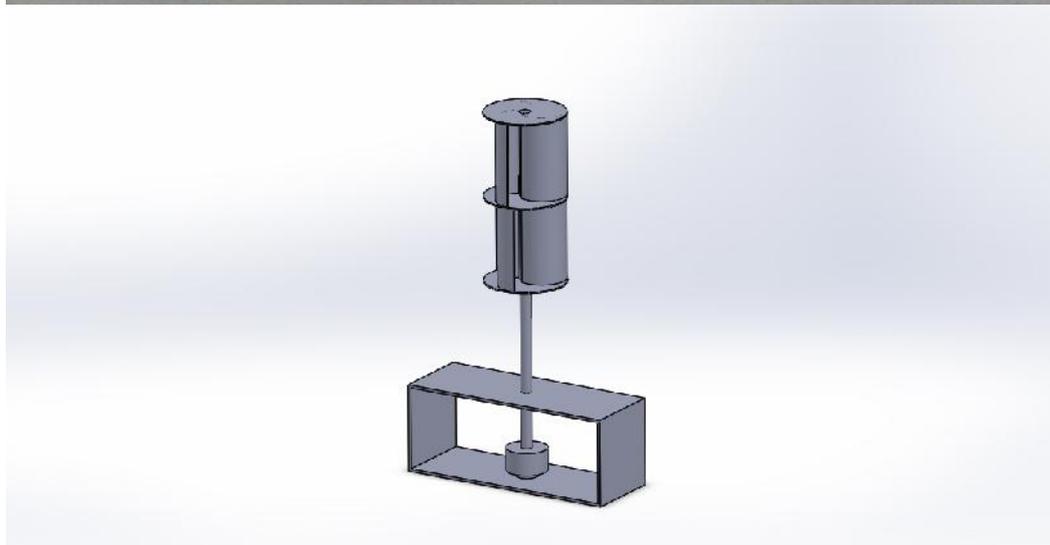
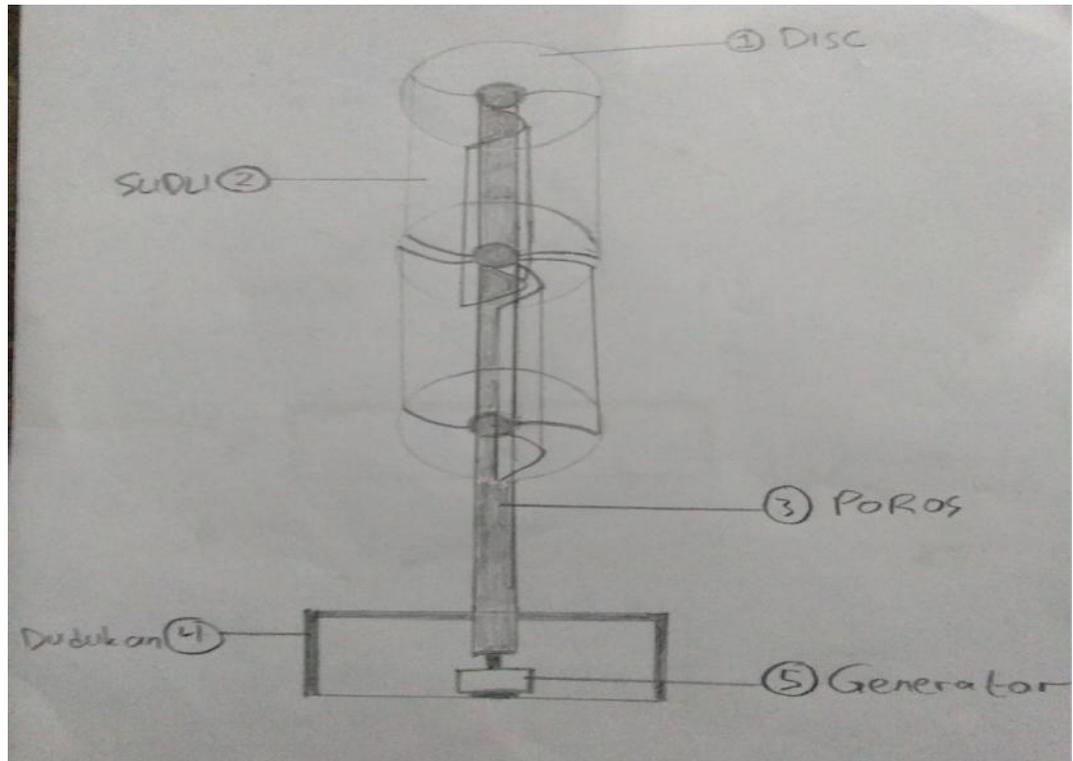
1. Rotor turbin angin savonius sudu spiral kriteria struktur sudu pada faktor pemberat 0,15 dengan angka 2 dan nilainya 0,3 besaran mahal.

2. Rotor turbin angin savonius sudu spiral kriteria struktur generator pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 2 dan nilainya 0,2 besaran sedang.
3. Rotor turbin angin savonius sudu spiral kriteria struktur bahan pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 4 dan nilainya 0,4 besaran sedang.
4. Rotor turbin angin savonius sudu spiral kriteria kecepatan awal bekerja pada faktor pemberat 0,15 dengan angka 2 dan nilainya 0,3 besaran tinggi.
5. Rotor turbin angin savonius sudu spiral kriteria kapasitas listrik pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 4 dan nilainya 0,4 besaran sedang.
6. Rotor turbin angin savonius sudu spiral kriteria daya tahan pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 4 dan nilainya 0,4 besaran sedang.
7. Rotor turbin angin savonius sudu spiral dengan hasil nilai 2.
8. Rotor turbin angin savonius 2 sudu tipe U tanpa tingkat kriteria struktur sudu pada faktor pemberat 0,15 dengan angka 4 dan nilainya 0.6 besaran murah.
9. Rotor turbin angin savonius 2 sudu tipe U tanpa tingkat kriteria struktur generator pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 3 dan nilainya 0,3 besaran sedang.
10. Rotor turbin angin savonius 2 sudu tipe U tanpa tingkat kriteria struktur bahan pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 3 dan nilainya 0,3 besaran sedang.
11. Rotor turbin angin savonius 2 sudu tipe U tanpa tingkat kriteria kecepatan awal bekerja pada faktor pemberat 0,15 dengan angka 3 dan nilainya 0,45 besaran sedang.
12. Rotor turbin angin savonius 2 sudu tipe U tanpa tingkat kriteria kapasitas listrik pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 3 dan nilainya 0,3 besaran sedang.
13. Rotor turbin angin savonius 2 sudu tipe U tanpa tingkat kriteria daya tahan pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 3 dan nilainya 0,3 besaran sedang.
14. Rotor turbin angin savonius 2 sudu tipe U tanpa tingkat dengan hasil nilai 2,25.

15. Rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat kriteria struktur sudu pada faktor pemberat 0,15 dengan angka 3 dan nilainya 0,45 besaran sedang.
16. Rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat kriteria struktur generator pada faktor pemberat 0,1 dngan angka 3 dan nilainya 0,3 besaran sedang.
17. Rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat kriteria struktur bahan penyangga pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 3 dan nilainya 0,3 besaran rendah.
18. Rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat kriteria kecepatan awal bekerja pada faktor pemberat 0,15 dengan angka 4 dan nilainya 0,6 besaran rendah.
19. Rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat kriteria kapasitas listrik pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 3 dan nilainya 0,3 besaran sedang.
20. Rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat kriteria daya tahan pada faktor pemberat 0,1 dengan angka 4 dan nilainya 0,4 besaran baik.
21. Rotor turbin angin savonius 3 sudu bertingkat dengan hasil nilai 2,35

#### 4.3 Hasil pemilihan konsep rancangan

Hasil yang dipilih dari ketiga konsep diatas adalah turbin angin savonius 3 sudu bertingkat. Dimana setelah melewati uji kinerja dan pemilihan dengan pohon objektif serta tabel matriks keputusan.



Gambar. 4.4 Hasil konsep sudu turbin angin savonius yang dipilih

#### 4.3.1 Spesifikasi rancangan ‘

1. Sudu = ada 6 sudu yang terdapat dalam rancangan ini. Setiap sudu memiliki radius 150 mm, tinggi 295 mm dan tebal 5 mm
2. *Disc* = ada 3 *disc* yang terdapat dalam perancangan ini. Setiap *disc* nya memiliki diameter 300 mm dan tebal 5 mm.
3. Poros = Poros memiliki diameter 40 mm dan tinggi 1000 mm
4. Dudukan = Dudukan untuk turbin angin ini terbuat dari besi plat yang mempunyai lebar 900 mm dan tinggi 300 mm.
5. Generator = Dalam perancangan ini generator yang digunakan adalah generator 250 watt dan putaran 2750 rpm.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Pada perancangan rotor turbin angin savonius dengan kapasitas 300 waat ini didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Perancangan dilakukan menggunakan sketsa gambar tangan dan gambar teknik
2. Mendapatkan konsep yang terbaik dari ketiga konsep yang sudah dirancang.
3. Jumlah sudu juga dapat mempengaruhi daya pada sudu turbin angin

#### 5.2. Saran

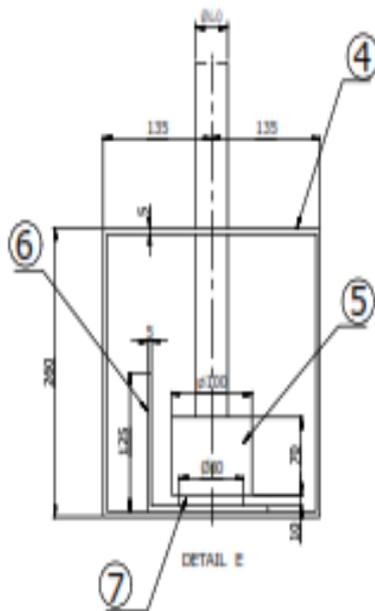
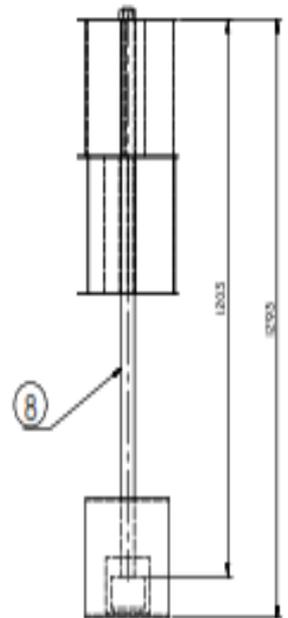
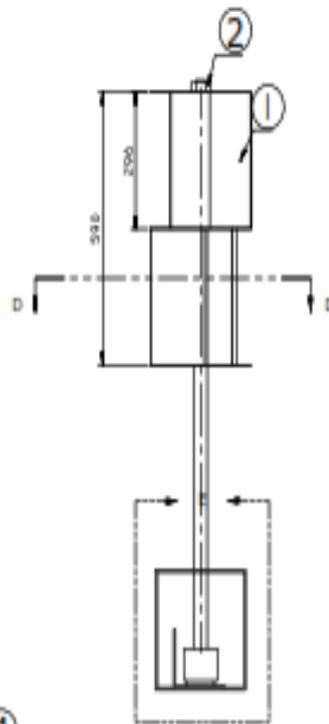
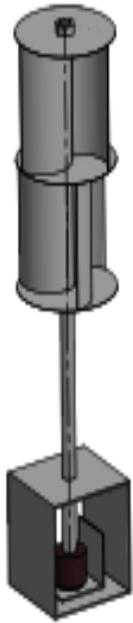
Penulis sepenuhnya menyadari bahwa perancangan ini masih belum cukup sempurna, maka dari itu pada riset berikutnya penulis menyarankan agar perancangan sudu turbin angin savonius dengan kapasitas maksimum 300 watt ini bisa lebih dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi jenis – jenis yang selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiatma Brian, Dkk. (2017) *Rancang Bangun Mesin Turbin Angin Savonius Sebagai Penggerak Pompa Air*. Jurnal Ilmiah, Surabaya: Jurusan Teknik Pemersinan Kapal, Politeknik Negeri Surabaya.
- Bahri W Syamsul, Dkk. (2014) *Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Dua Tingkat Empat Sudu Lengkung L*. Jurnal Ilmiah, Langsa: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Samudera.
- Hasrofiddin, Dkk. (2019) *Perancangan Turbin Angin Tipe Hybrid Savonius Darrieus Sumbu Vertikal*. Jurnal Ilmiah, Riau: Teknik Elektro, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Ikhsan Arfie Firmansyah dan Zulkarnain. (2012) *Perancangan Bilah Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT-Angin) Kapasitas 100 kW Menggunakan Studi Aerodinamika*. Jurnal Ilmiah, Jakarta Selatan: Puslitbangtek Ketenagalistrikan Energi Baru, Terbarukan, dan Konversi Energi.
- Machrus Ali, Dkk. (2015) *Desain Pitch Angle Controller Turbin Angina Dengan Permanent Magnetic Synchronus Generator (PMSG) Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA)*. Prosiding SENTIA, Malang: Politeknik Negri Malang.
- Parenden Daniel dan Ferdi H.Sumbung. (2013) *Rancang Model Turbin Savonius Sebagai Sumber Energi Listrik*. Jurnal Ilmiah, Merauke: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Musamus.
- Pudjanarsa Astu dan Djati Nursuhud. (2017) *Mesin Konversi Energi*. Buku, Yogyakarta: Cv Andi Offset.
- R.A. Siregar dan C.A. Siregar. (2019) *Pembangunan Turbin Angin Darrieus-Savonius Sebagai Ikon Wisata Laut Dan Kuliner Di Belawan*. Jurnal Ilmiah, Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rudianto Daniel Teguh Dan Nurfi Ahmadi. (2016) *Rancang Bangun Turbin Angin Savonius 200 Watt*. Seminar Nasional, Yogyakarta: Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.

Sumiati Ruzita. (2012) *Pengujian Turbin Angin Savonius Tipe U Tiga Sudu Di Lokasi Pantai Air Tawar Padang*. Jurnal Teknik Mesin, Padang: Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang.

# LAMPIRAN



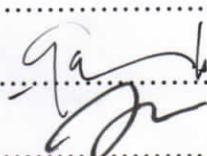
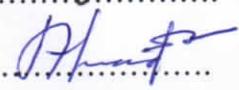
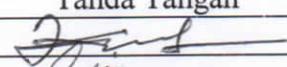
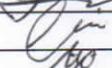
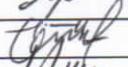
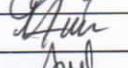
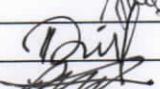
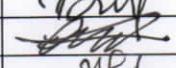
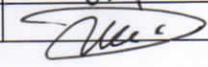
NO.	JUMLAH	NAMA	KETERANGAN
8	1	POROS	
7	1	BANTALAN GENERATOR	
6	1	DUDUKAN GENERATOR	
5	1	GENERATOR	
4	1	DUDUKAN TURBIN	
3	3	DISC	
2	1	MUR	
1	6	SUDU	

	TOLERANSI UNIKER DALAM $\mu\text{mm}$	DALAM $\mu\text{mm}$	SKALA : 1:5 SATUAN UKURAN : mm TANGGAL :	INSTANSI: DIPERIKSA: DISetujui:	
	UNIVERSITAS MUHAMMIDIYAH SUMATERA UTARA				SUDU SAVONIUS
	NO.				A3

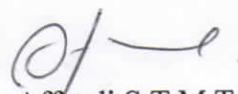
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta seminar  
 Nama : Nurman Syahputra  
 NPM : 1507230007  
 Judul Tugas Akhir : Perancangan Sudu Turbin Angin Dengan Kapasitas  
 Maksimum 300 Watt

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: DR.Rahmad Arief Srg.S.TM/T	:	.....
Pembimbing – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	..... 
Pemanding – I	: Bekti Suro.S.T.M.Eng	:	.....
Pemanding – II	: Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	:	..... 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230057	KOKO SUDARMAWAN	
2	1507230082	DENU ANGGARA	
3	1307230100	Riki Juliansyah	
4	1307230030	EBIT SUSANDRI	
5	1307230306	IMRAN . S. PITONGA .	
6	1507230160	ABDUSALAM .	
7	1507230011	Dicky Julianto	
8	1507230084	HOSSEN EPENDI	
9	1507230218	Yogi pranata	
10	1507230072	Ananta Pratomo	

Medan, 10 Shafar 1441 H  
03 Oktober 2019 M

Ka.Prodi Teknik Mesin

  
Affandi.S,T.M.T

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

---

NAMA : **Nrman Syahputra**  
NPM : 1507230007  
Judul T.Akhir : Perancangan Sudu Turbin Angin Dengan Kapasitas  
Maksimum 300Watt.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen pembanding - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng  
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

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

.....*lihat pada hasil tugas akhir!*.....  
.....  
.....

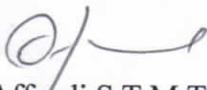
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

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

Medan, 10 Rajab 1441 H  
03 Maret 2020 M

Diketahui :

Ka.Prodi T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding - I

  
Bekti Suroso.S.T.M. Eng

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

---

NAMA : **Nrman Syahputra**  
NPM : 1507230007  
Judul T.Akhir : **Perancangan Sudu Turbin Angin Dengan Kapasitas Maksimum 300Watt.**

Dosen Pembimbing - I : **DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng**  
Dosen Pembimbing - II : **Chandra A Siregar.S.T.M.T**  
Dosen pembeding - I : **Bekti Suroso.S.T.M.Eng**  
Dosen Pembeding - II : **Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T**

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
  - ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
    - a. *perbaiki diagram dis*
    - b. *perbaiki metode*
    - c. *perbaiki hasil*
    - d. *lihat buku laporan terapan yg telah di periksa*
  3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

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

Medan, 10 Rajab 1441 H  
03 Maret 2020 M

Diketahui :

Ka.Prodi T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembeding - II

  
Ahmad Marabdi.Srg.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SUDU TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN KAPASITAS  
MAKSIMUM 300 WATT

Nama : Nurman Syahputra  
NPM : 1507230007

Dosen Pembimbing 1 : Dr.Eng Rakhmad Arief Siregar  
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.	7/11/20	Lanjut bab 3	↑
3.	11/1/20	Perbaiki bab 3	↑
4.	4/2/20	Lanjut bab 4	↑
5.	7/2/20	Perbaiki bab 4	↑
6.	11/2/20	Lanjut Pemb <u>II</u>	↑
7.	14/2/20	perbaiki format	↑
8.	18/2/20	ACC seminar kembali ke pemb. I	↑

All Seminar

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### **Data Pribadi**

Nama : Nurman Syahputra  
NPM : 1507230007  
Tempat dan tanggal lahir : Kota Galuh, 15 Oktober 1997  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Alamat : Dusun 2 Desa Kota Galuh Kec. Perbaungan Kab. Serdang  
Bedagai Prov. Sumatera Utara  
Anak Ke : 1 dari 3 bersaudara  
Email : [Nurmansyahputra7@gmail.com](mailto:Nurmansyahputra7@gmail.com)  
No Hp : 082362240243

### **Nama Orang Tua**

Nama Ayah : Mansyuruddin  
Nama Ibu : Nurasiah  
Alamat : Dusun 2 Desa Kota Galuh Kec. Perbaungan Kab. Serdang  
Bedagai Prov. Sumatera Utara

### **Pendidikan Formal**

2003-2009 : SDN 101934 Citaman, Perbaungan  
2009-2012 : SMPN 2 Perbaungan  
2012-2015 : SMK Swasta Melati Perbaungan  
2015-2020 : Mengikuti Pendidikan S I Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera  
Utara