

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN SUDU TYPE-U DAN TYPE HELIKS PADA PROTOTYPE TURBIN ANGIN SAVONIUS SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBAHARUI

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

Disusun Oleh:

**IDRIS
1307230174**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

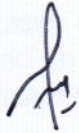
Nama : Idris
NPM : 1307230174
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pembuatan Sudu Type-U dan Type Heliks Pada
Prototipe Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit
Listrik Energi Terbaharui
Bidang ilmu : Kontruksi Dan Teknik Manufaktur

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, 06 Maret 2020

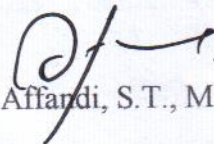
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



H. Muharnif, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II



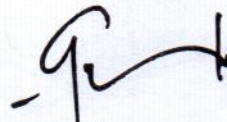
Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III



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

Dosen Penguji IV



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



SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NamaLengkap : Idris
Tempat /TanggalLahir : Labuhan Deli/02 Maret 1993
NPM : 1307230174
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pembuatan Sudu Type-U dan Type Heliks Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaharui”,

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 orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian 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, 07 Maret 2020

Saya yang menyatakan,



Idris

ABSTRAK

Energi angin sangat potensial yang bisa dimanfaatkan energinya sebagai pembangkit listrik. Turbin angin prinsipnya merupakan energi angin menjadi energi mekanik. Sudu pada turbin angin merupakan salah satu bagian turbin angin yang memiliki fungsi menerima energi kinetik dari angin dan merubah menjadi energi gerak putaran dan poros penggerak, angin yang menghembus menyebabkan turbin tersebut berputar. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sudu type U dan type Heliks pada turbin angin savonius sebagai pembangkit listrik energi terbarui. Pembuatan sudu tersebut dengan menggunakan bahan baja khrom dan aluminium. Dari hasil pembuatan sudu tersebut dapat dilakukan pengujian dengan menggunakan windtunnel, dan dapat nilai dari hasil pengujian sudu type heliks pada kecepatan angin 4 – 5 m/s dengan roda gigi dan nilai rpm 256,5 sehingga dapat menghasilkan arus listrik sebesar 2,082 ampere, sedangkan sudu type U pada kecepatan angin 4-5 m/s dengan roda gigi dan nilai rpm 238,8 sehingga dapat menghasilkan arus listrik sebesar 1,801 ampere. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan nilai yang lebih baik pada sudu type heliks dibandingkan sudu type U.

Kata kunci: Pembuatan Sudu Type U, Pembuatan Sudu Type Heliks, Turbin Angin Savonius, Energi Angin.

ABSTRACT

Wind energy is very potential that can be utilized as a power plant. The principle of wind turbines is wind energy into mechanical energy. Blades in the wind turbine is one part of the wind turbine that has the function of receiving kinetic energy from the wind and converting it into rotational energy and the driving shaft, the wind that blows causes the turbine to rotate. This study aims to make the U-type and Helical-type blades in savonius wind turbines as renewable energy power plants. Making the blade using chrome steel and aluminum. From the results of making the blade can be tested using windtunnel, and can the value of the helical type blade test results at wind speeds of 4-5 m / s with gears and a rpm value of 256.5 so as to produce an electric current of 2,082 amperes, while the blades type U at 4-5 m / s wind speed with gears and 238.8 rpm so that it can produce an electric current of 1,801 amperes. From these results it can be concluded that the value is better on the helical type blade than the type U blade.

Keywords : Making U Type Blades, Making Helical Type Blades, Savonius Wind Turbines, Wind Energy.

KATA PENGANTAR

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhaanahu Wa ta'ala 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 Sudu Type U dan Type Heliks Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Terbaharui" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

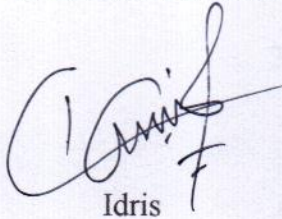
Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak H.Muharnif, S.T.,M.sc selaku Dosen pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Dosen pembanding II dan sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik mesin dan motivasi kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Bapak Amran dan Ibu Nujannah, yang telah memberikan semangat dan kasih sayang yang tiada henti-hentinya dan selalu berdoa kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-Sahabat penulis: Ebit Susandri, Abdissalam, Riki Juliansyah, S.T, Ibnu, S.T dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kata 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, 04 Maret 2020



Idris

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Pembuatan	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Turbin Angin	4
2.2 Jenis Turbin Angin Savonius	6
2.3 Komponen Utama Pada Turbin Angin Savonius	7
2.3.1 Sudu	7
2.3.2 Bearing	8
2.3.3 Belt	9
2.3.4 Alternator	9
2.4 Sistem Kerja Turbin Angin Savonius	10
2.5 Daya Total	11
BAB 3. METODE DAN PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu	16
3.1.1 Tempat	16
3.1.2 Waktu	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	17
3.2.1 Mesin Bubut	17
3.2.2 Travo Las	17
3.2.3 Mesin Gerinda	17
3.2.4 Mesin Bor	17
3.3 Bahan Yang Digunakan	17
3.3.1 Baja Khrom	17
3.3.2 Aluminium	18
3.3.3 Baut Pengikat	18
3.4 Alat Yang Digunakan Untuk Pengujian	19

3.4.1 Alat Ukur	19
3.4.2 Wind Tunnel	19
3.4.3 Multi Tester	19
3.4.4 Anemometer	19
3.4.5 Tachometer	21
3.5 Diagram Alir Penelitian	22
3.6 Rancangan Penelitian	23
3.7 Prosedur pembuatan penelitian	23
3.8 Perancangan Gambar Sketsa	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Pembuatan Poros dan Dimensi Sudu Type U dan Type Heliks	29
4.1.1 Perancangan Bahan Yang Akan Dibuat	29
4.1.2 Perhitungan dan Perencanaan Luas <i>Rotor</i>	31
4.1.3 Perhitungan Tenaga Maksimum Turbin <i>Savonius</i>	31
4.1.4 Perhitungan Dimensi Sudu	32
4.1.5 Perancangan Poros	32
4.1.6 Material Yang Digunakan	36
4.1.7 Pembuatan Spesimen	36
4.1.8 Hasil Pembuatan Poros	38
4.2 Pembuatan Rotor	38
4.2.1 Hasil Pembuatan Rotor	40
4.3 Pengujian Benda Kerja	40
4.3.1 Pengolahan Data Dari Semua Percobaan	43
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Timeline Kegiatan	16
Tabel 3.2	Contoh Tabel Pengambilan Data	24
Tabel 3.3	Contoh Tabel Pengambilan Data	24
Tabel 4.1	Faktor Koreksi Daya Yang Akan Ditransmisikan F_c	30
Tabel 4.2	Baja Paduan Untuk Poros	33
Tabel 4.3	Baja Paduan Untuk Poros {lanjutan}	34
Tabel 4.4	Dimensi Poros	35
Tabel 4.5	Hasil Percobaan Sudu Type Heliks Dengan Roda Gigi	44
Tabel 4.6	Hasil Percobaan Sudu Type Heliks Dengan Roda Gigi	44
Tabel 4.7	Hasil Rata-Rata Putaran Sudu Type Heliks Dengan Roda Gigi	44
Tabel 4.8	Hasil Percobaan Sudu Type Heliks Dengan Pulley Belt	45
Tabel 4.9	Hasil Percobaan Sudu Type Heliks Dengan Pulley Belt	45
Tabel 4.10	Hasil Rata-Rata Putaran Sudu Type Heliks Dengan Pulley Belt	46
Tabel 4.11	Hasil Percobaan Sudu Type U Dengan Roda Gigi	47
Tabel 4.12	Hasil Percobaan Sudu Type U Dengan Roda Gigi	47
Tabel 4.13	Hasil Rata-Rata Putaran Sudu Type U Dengan Menggunakan Roda Gigi	47
Tabel 4.14	Hasil Percobaan Sudu Type U Dengan Pulley Belt	48
Tabel 4.15	Hasil Percobaan Sudu Type U Dengan Pulley Belt	48
Tabel 4.16	Hasil Rata-Rata Putaran Sudu Type U Dengan Menggunakan Pulley Belt	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konstruksi Turbin Angin	4
Gambar 2.2	Turbin Angin Sumbu Tegak	6
Gambar 2.3	Rotor Type U dan Type Heliks	6
Gambar 2.4	Bentuk Dorongan Angin Memutar Rotor Turbin	7
Gambar 2.5	Rotor Savonius Berbentuk Heliks	7
Gambar 2.6	Sudu	8
Gambar 2.7	Bearing	9
Gambar 2.8	Belt	9
Gambar 2.9	Alternator	10
Gambar 2.10	Konsep Turbin Savonius	11
Gambar 2.11	Skema Sistem Kerja Turbin Angin Savonius Type U	11
Gambar 3.1	Baja Khrom	17
Gambar 3.2	Aluminium	18
Gambar 3.3	Baut Pengikat	18
Gambar 3.4	Alat Ukur	19
Gambar 3.5	Wind Tunnel	19
Gambar 3.6	Multi Tester	20
Gambar 3.7	Anemometer	20
Gambar 3.8	Tachometer	21
Gambar 3.9	Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.10	Gambar Sketsa Lengan Sudu Type U dan Type Heliks	25
Gambar 3.11	Gambar Sketsa Sudu Type Heliks	26
Gambar 3.12	Gambar Sketsa Sudu Type U	27
Gambar 3.13	Gambar Sketsa poros Sudu Type U dan Type Heliks	28
Gambar 4.1	Material Yang Digunakan	36
Gambar 4.2	Material Yang Digunakan	36
Gambar 4.3	Peralatan Yang Dibutuhkan	37
Gambar 4.4	Proses Pembubutan Poros	37
Gambar 4.5	Proses Pembubutan Poros	37
Gambar 4.6	Proses Pembubutan Poros	38

Gambar 4.7 Hasil Pembuatan Poros	38
Gambar 4.8 Proses Pembuatan Sudu	39
Gambar 4.9 Proses Pembuatan Sudu	39
Gambar 4.10 Proses Pembuatan Sudu	39
Gambar 4.11 Hasil Pembuatan Rotor	40
Gambar 4.12 Wind Tunnel Pengujian	40
Gambar 4.13 Menyiapkan Benda Kerja	41
Gambar 4.14 Merakit Benda Kerja Roda Gigi	41
Gambar 4.15 Merakit Benda Kerja Roda Gigi Dengan Menggunakan Sudu Type Heliks	42
Gambar 4.16 Merakit Benda Kerja Pulley Dengan Sudu Type U	42
Gambar 4.17 Perakitan Benda Kerja pulley Dengan Menggunakan Sudu Type Helik	43
Gambar 4.18 Pengujian Benda Kerja	43
Gambar 4.19 Grafik Putaran Sudu Type Heliks Dengan Kecepatan 4 dan 5 m/s	45
Gambar 4.20 Grafik Arus Listrik Pada Sudu Type Heliks Dengan Kecepatan 4 dan 5 m/s	46
Gambar 4.21 Grafik Putaran Percobaan Sudu Type U dengan Roda Gigi Kecepatan 4 dan 5 m/s	48
Gambar 4.22 Grafik Arus Listrik Percobaan Sudu Type U Dengan Pulley Belt Kecepatan 4 m/s	49

DAFTAR NOTASI

Simbol	Uraian	Satuan
ρ	Massa Jenis udara	Kg.m^{-3}
m	Massa udara	Kg
v	Kecepatan angin	m/s
A	Luas penampang	m^2
g_c	Faktor konversi	Kg/Ns^2
W_p	Energi angin praktis	Kw
T	Torsi kincir angin	N
n	Jumlah sudu	0
\	Daya	w
N	Putaran rotor	rpm
D	Diameter rotor	m
Δv	Perubahan Kecepatan	m/s

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang.

Energi angin merupakan salah satu energi yang ramah lingkungan, sumber energi yang berlimpah dan dapat diperbaharui sehingga sangat berpotensi untuk dikembangkan. Potensi angin di Indonesia sangat potensial yang bisa dimanfaatkan energinya sebagai pembangkit energi listrik.

Pada umumnya turbin angin prinsipnya merubah energi angin menjadi energi mekanik, putaran rotor digunakan sebagai penggerak generator untuk membangkitkan energi listrik. Dan 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 menghembus menyebabkan turbin tersebut berputar. Semakin besar sudut kelengkungan turbin, semakin besar jari-jari turbin, akibatnya gaya hambat yang dialami turbin semakin besar sehingga kecepatan putar turbin berkurang. Kecepatan putar turbin bertambah sebanding dengan bertambahnya kecepatan angin. Semakin besar jari-jari turbin, semakin besar pula torsi, namun putaran yang dihasilkan turbin semakin kecil, (Dewi,2010). Pada sebuah turbin angin, baling-baling rotor dapat berjumlah 2 atau lebih. Dan Kecepatan angin adalah salah satu hal yang paling penting dalam pembuatan sudu pada turbin angin, terutama dalam pembuatan sudu agar lebih optimal menghasilkan daya yang dibutuhkan.

Turbin angin sangat efektif digunakan sebagai pembangkit energi listrik, tetapi sama halnya dengan pembangkit listrik energi listrik lainnya, pasti memiliki kelemahan masing – masing kelemahan turbin adalah ketika ketidak konsisten kecepatan angin, ketika kecepatan angin tinggi melebihi kapasitas sudu yang dibuat maka besar kemungkinan sudu turbin bisa patah, dan ketika kecepatan angin rendah membuat poros turbin berputar pelan sehingga tidak bisa memenuhi putaran minimum generator untuk membangkitkan energi listrik, penelitian ini bertujuan untuk “Pembuatan Sudu Type U dan Sudu Type Heliks Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaharui”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka dapat di rumuskan permasalahan yang dapat di bahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengetahui daya listrik yang efisien dari perbandingan daya angin yang di hasilkan dari spesimen sudu type-u dan type heliks.
2. Membandingkan daya listrik yang di hasilkan dari pemindah daya dan putaran terhadap sudu type-u dan type heliks pada turbin angin savonius.

1.3 Ruang Lingkup.

Adapun batasan masalah agar tidak menyimpang dari tujuan merancang yang akan di harapkan, penulis perlu membatasi masalah yang akan dihitung dalam merancang sudu type-u dan type heliks.

Batasan-batasannya adalah

1. Spesimen sudu type U dan type Helix yang dibuat dengan spesifikasi ukuran pada diameter poros 6 mm, tinggi poros 340 mm, diameter rotor 270 mm, tinggi rotor 340 mm.
2. Pada spesimen ini menggunakan bahan baja crhom untuk pembuatan poros dan bahan aluminium dengan ketebalan 0,3 mm untuk pembuatan rotor sudu type U dan type Heliks.
3. Pengujian sudu type U dan type heliks dengan kecepatan angin 4 – 5 m/s dengan wind tunnel di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

1.4 Tujuan Pembuatan

Sesuai dengan judul skripsi “Pembuatan Sudu Type-U Dan Type Heliks Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaharui.”

1.4.1 Tujuan Umum

1. Untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan sudu type-u dan type heliks pada prototype turbin angin savonius sebagai pembangkit listrik energi terbaharui.

1.5 Manfaat

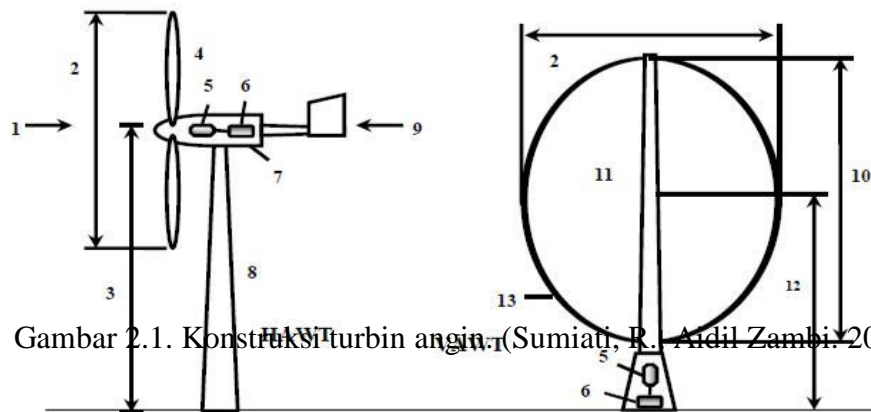
Dengan di lakukannya penelitian ini, manfaat yang dapat di harapkan adalah :

1. Sebagai wujud kontribusi dalam pengembangan turbin angin untuk menciptakan pembangkit listrik energi terbarukan yang efisien.
2. Sebagai sarana mengaplikasikan kreatifitas dari ilmu yang di dapatkan selama di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Sebagai miniatur turbin angin pembangkit listrik yang dapat di amati oleh mahasiswa.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Angin

Turbin angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam sistem konversi energi angin (SKEA). Turbin angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik atau menggerakkan pompa untuk pengairan. Bagian-bagian turbin dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Konstruksi turbin angin. (Sumiati, R., Aidil Zambri, 2013).

Keterangan gambar:

1. Arah angin pada HAWT tipe *upwind*
2. Diameter rotor
3. *Hub height*
4. *Rotor blade*
5. *Gear box*
6. *Generator*
7. *Nacelle*
8. *Tower* pada HAWT
9. Arah angin pada HAWT tipe *downwind*
10. *Tinggi rotor*
11. *Tower* pada VAWT
12. *Equator height*
13. *Fixed-pitch rotor blade*

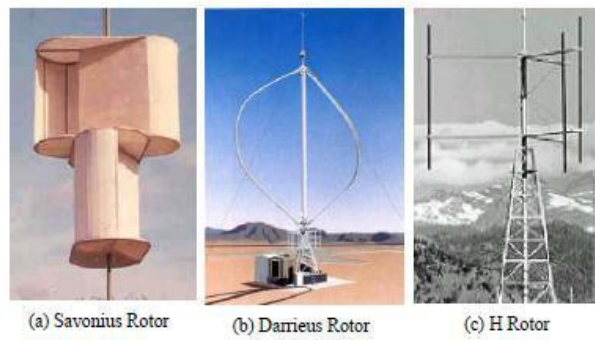
Pemanfaatan energi angin telah dilakukan sejak lama. Pertama kali digunakan untuk menggerakkan perahu di sungai Nil sekitar 5000 SM. Penggunaan kincir sederhana telah dimulai sejak permulaan abad ke-7 dan tersebar diberbagai negara seperti Persia, Mesir, dan Cina dengan berbagai desain. Di Eropa, kincir angin mulai dikenal sekitar abad ke-11 dan berkembang pesat saat revolusi industri pada awal abad ke-19.

Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk *rotor*, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu turbin angin sumbu mendatar (*horizontal axis wind turbine*) dan turbin angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbine*).

Salah satu komponen utama dari turbin angin adalah *rotor*. *Rotor* ini berfungsi mengkonversi gerak *linear* angin menjadi gerak putar sudu turbin. Untuk klasifikasi berdasarkan fungsi gaya *aerodinamis*, merujuk pada gaya utama yang menyebabkan *rotor* berputar. Berdasarkan fungsi gaya *aerodinamis*, *rotor* terbagi menjadi dua, yaitu *rotor tipe drag* dan *rotor tipe lift*.

1. *Rotor tipe drag*, memanfaatkan efek gaya hambat atau *drag* sebagai gaya penggerak *rotor*.
2. *Rotor tipe lift*, memanfaatkan efek gaya angkat sebagai gaya penggerak *rotor*. Gaya ini terjadi akibat angin yang melewati *profile rotor*.

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan *rotor* sejajar dengan arah angin, sehingga *rotor* dapat berputar pada semua arah angin. Ada tiga tipe *rotor* pada turbin angin jenis ini, yaitu: *Savonius*, *Darrieus*, dan *H rotor*. Turbin *Savonius* memanfaatkan gaya *drag* sedangkan *Darrieus* dan *H rotor* memanfaatkan gaya *lift*. Turbin angin sumbu vertical dan beberapa aplikasinya dapat dilihat pada *Gambar 2.2.* dan *2.3.*



Gambar 2.2. Turbin angin sumbu tegak (Mittal, Neeraj. 2001)

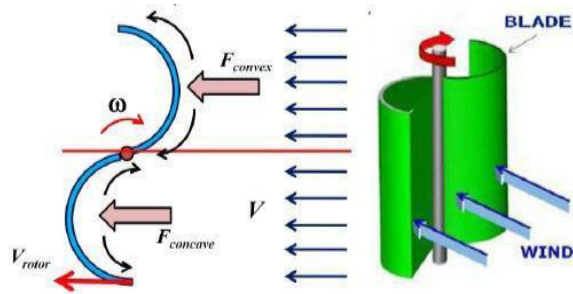
2.2 Jenis Turbin Angin savonius

Salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang dapat digunakan pada angin dengan kecepatan rendah adalah turbin angin *Savonius*. Turbin ini ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama *Sigurd J. Savonius* pada tahun 1922. Konstruksi turbin sangat sederhana, tersusun dari dua buah sudu setengah silinder. Pada perkembangannya turbin *Savonius* ini banyak mengalami perubahan bentuk *rotor*



Gambar 2.3 Rotor tipe U dan *Heliks* (Admadi, S. 2008)

Pada gambar 2.4 merupakan penjelasan angin mendorong *rotor* turbin angin memutar lengan.



Gambar 2.4 Bentuk dorongan angin memutar *rotor* turbin (Dewi, Marizka Lustia, 2010)

Turbin angin *savonius* memiliki banyak variasi salah satunya tipe *rotor helix* seperti di bawah ini:



Gambar 2.5 Rotor Savonius berbentuk heliks (*Heliks Win.* 2006)

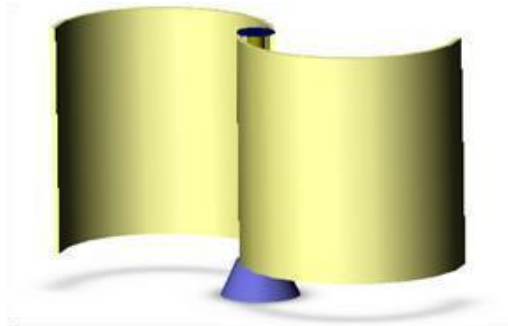
Rotor Savonius tipe ini pertama kali dikenalkan tahun 2006 oleh suatu perusahaan bernama “*Heliks Wind*”. *Rotor* ini memiliki desain yang tidak biasa, yaitu berbentuk *helix*. Namun bentuk *helix* disini memiliki keuntungan antara lain memiliki getaran yang halus karena variasi torsinya relatif merata untuk setiap *bucket*, dan juga memiliki torsi yang baik. Tetapi *rotor* tipe ini memiliki geometri yang relatif rumit, sehingga sulit dalam pembuatan.

2.3 Komponen Utama Pada Turbin Angin Savonius

2.3.1 Sudu

Sudu adalah baling – baling pada turbin angin. Sudu pada turbin angin sendiri biasanya dihubungkan dengan rotor pada turbin angin. 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 menghembus menyebabkan turbin tersebut berputar. Pada sebuah turbin angin, baling-baling rotor dapat berjumlah 2 atau lebih.



Gambar 2.6 sudu. (Admadi, S. 2008)

2.3.2 Bearing

Bearing dalam Bahasa Indonesia berarti *bantalan*. Dalam ilmu mekanika bearing adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bearing menjaga poros (shaft) agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya.

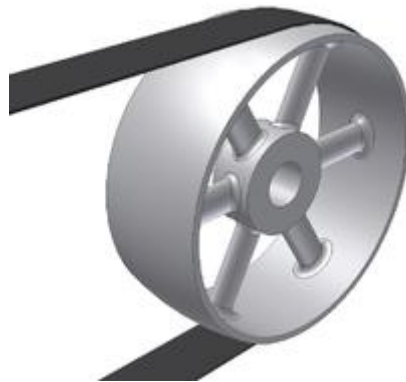
Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Bearing atau laher adalah komponen sebagai bantalan untuk membantu mengurangi gesekan peralatan berputar pada poros/as. Bearing atau laher ini biasanya berbentuk bulat. Bearing di mobil dipasang pada as roda dan ditempat-tempat yang berputar lainnya. Tujuan dari bantalan balock untuk mengurangi gesekan rotasi dan mendukung radial dan aksial beban.



Gambar 2.7 Bearing

2.3.3 Belt

Belt adalah bahan fleksibel yang melingkar tanpa ujung, yang digunakan untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar. Sabuk digunakan sebagai sumber penggerak, penyalur daya yang efisien atau untuk memantau pergerakan relatif. Sabuk dilingkarkan pada katrol. Dalam sistem dua katrol, sabuk dapat mengendalikan katrol secara normal pada satu arah atau menyilang. Sabuk digunakan sebagai sumber penggerak contohnya adalah pada konveyor di mana sabuk secara kontinu membawa beban dari satu titik ke titik lain.



Gambar 2.8 belt

2.3.4 Alternator

Alternator adalah peralatan elektromekanis yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak-balik. Pada prinsipnya, generator listrik arus bolak-balik disebut dengan alternator, tetapi pengertian yang berlaku

umum adalah generator listrik pada mesin kendaraan. Alternator pada pembangkit listrik yang digerakan dengan turbin uap disebut turbo alternator.

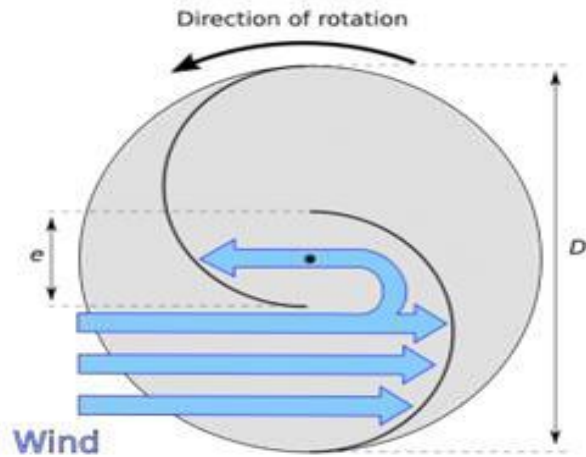


Gambar 2.9 alternator

2.4 Sistem Kerja Turbin Angin Savonius

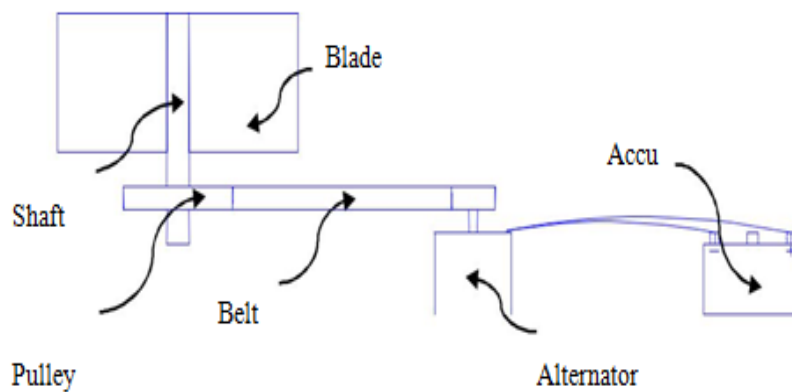
Dalam mengkonversikan energi kinetik angin hingga berubah menjadi energi listrik melalui suatu proses sistem kerja yang sangat berurutan antara komponen-komponen turbin satu sama lainnya. Pada sistem kerja turbin angin Savonius tipe-u dapat diterangkan sistem kerjanya yaitu energi hembusan angin menghasilkan kecepatan angin yang bervariasi tiap saat nya, pada saat tertentu energi angin memiliki kecepatan angin yang besar misalnya sore hingga malam hari terutama pada daerah yang luas seperti lautan atau pinggir pantai.

Energi angin tersebut menghasilkan energi kinetik angin yang dapat mendorong penampang sudu-sudu turbin sehingga berputar dan menghasilkan momen inersia turbin sehingga menggerakkan poros turbin lalu memutar puli sehingga menghasilkan kecepatan putar puli pada poros, *belt* yang terhubung pada puli akhirnya berputar lalu memutar puli pada alternator sehingga menghasilkan kecepatan putar poros alternator, rotor yang terdapat pada poros alternator pun ikut berputar sehingga membangkitkan medan magnet yang kuat lalu menghasilkan energi listrik dengan tegangan maksimal sebesar 12 volt pada variasi kuat arus listrik. Apabila putaran poros alternator sangat kencang dan menghasilkan tegangan listrik keluaran yang besar maka regulator akan mengontrol tegangan keluaran alternator tersebut agar tetap 12 volt. Disebabkan kecepatan angin yang tidak selalu kencang maka diberi penyimpan energi listrik atau *accu* dengan tegangan 12 volt agar kebutuhan energi listrik tidak terganggu.



Gambar 2.10 Konsep Turbin Savonius (Andreas Andi Setiawan, dkk. 2014)

Daya yang dihasilkan pada poros turbin angin merupakan transformasi energi kinetik yang terdapat pada aliran angin. Aliran angin yang bergerak dengan kecepatan tertentu memiliki besaran energi kinetik yang dapat diserap oleh susunan *blade* dari turbin angin.



Gambar 2.11 Skema Sistem Kerja Turbin Angin Savonius Tipe-U (Dariyanto, Y. 2007)

2.5 Daya Total

Angin adalah udara yang bergerak. Dengan kerapatan udara dan kecepatan tertentu, angin mempunyai tekanan angin dinamik yang diformulasikan sebagai berikut:

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2 \tag{2.1}$$

dimana :

q = tekanan dinamik angin

ρ = kerapatan udara

V = kecepatan angin

Tekanan angin dinamik yang menerpa suatu luas sapuan tertentu akan menghasilkan gaya angin. Dengan demikian gaya angin diperoleh dari perkalian antara tekanan angin dinamik dan luas sapuan sebagai berikut :

$$F = qA \quad (2.2)$$

Dimana :

F : gaya angin

A : luas sapuan

q : tekanan dinamik angin

Angin bertiup menerpa rotor. Oleh karena itu luas sapuan dalam hal ini adalah luas rotor, yaitu :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2.3)$$

Dimana :

D : diameter rotor

Secara definisi perkalian antara gaya angin dan kecepatan angin menghasilkan daya angin, yaitu :

$$P_{\text{angin}} = FV \quad (2.4)$$

Angin bertiup menerpa rotor dengan luas sapuan tertentu. Namun tidak semua daya angin dapat diserap oleh rotor. Besarnya daya angin yang dapat diserap oleh rotor sangat tergantung pada prestasi rotor, yang mana biasanya dinyatakan dalam koefisien daya, c_p . Berdasarkan hal tersebut maka persamaan 4 dapat ditulis ulang menjadi

$$P_{\text{rotor}} = c_p P_{\text{angin}} \quad (2.5)$$

Salah satu variable yang penting di dalam pengujian turbin angin adalah nilai Brake Horse Power yaitu daya dari turbin yang diukur setelah mengalami pembebanan yang disebabkan oleh generator, gearbox, pompa ataupun perangkat tambahan lainnya. Brake yang dimaksud adalah suatu peralatan yang digunakan untuk memberikan beban pada turbin sehingga putarannya dapat terjaga secara konstan.

Dalam percobaan Brake Horse Power diukur melalui tegangan dan arus yang keluar dari generator listrik yang digunakan untuk pembangkit listrik pada turbin angin. Dengan mengukur besarnya tegangan (v) dan arus (I) yang dihasilkan, dapat diketahui besarnya daya generator.

$$P_{generator}=VI \quad (2.6)$$

Dimana :

P_{gen} : daya generator listrik (watt)

V : tegangan generator listrik (volt)

I : arus listrik (ampere)

Besarnya Brake house Power dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$BrakeHousePower = \frac{\text{daya generator}}{\text{efisienasi generator}} \quad (2.7)$$

Besaran yang juga memegang peranan penting dalam pengujian sebuah turbin angin adalah pengukuran Torsi. Torsi biasa disebut juga momen atau gaya yang menyatakan benda berputar pada suatu sumbu. Torsi juga bisa didefinisikan ukuran keefektifan gaya tersebut dalam menghasilkan putaran atau rotasi mengelilingi sumbu tersebut. Besar torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Torsi = \frac{\text{Daya generator}}{(2\pi\eta_{generator})/60} \quad (2.8)$$

Dimana :

$\eta_{generator}$: putaran generator (rpm)

Jenis savonius memiliki kemampuan self-starting yang bagus, sehingga hanya membutuhkan angin dengan kecepatan rendah untuk dapat memutar rotor turbin. Selain itu, torsi yang dihasilkan turbin angin jenis savonius relatif tinggi, (Sargolzaei, J. 2007). Turbin angin savonius memiliki rotor, dan rotor merupakan elemen utama turbin angin. Adapun tenaga total aliran angin yang mengalir adalah sama dengan laju energi kinetik aliran yang datang yang dirumuskan dengan, (Napitupuluh, F. H. 2013)

$$P_{total} = 1/2 \rho A V^3 \quad (2.9)$$

Dimana:

P : Massa jenis angin = 1,1514 (kg/m³)

A : Luas rotor turbin (m²)

- V_i : Kecepatan aliran angin (m/s)
 G_c : Vaktor konversi = 1,9 kg/(N.s²)
 P_{tot} : Tenaga total (Watt)

Tenaga maksimum turbin savonius

$$P_{max} = \frac{8}{27 \times g_c} \rho A V^3 \quad (2.10)$$

Luasan rotor turbin angin savonius

$$A = D \times t \quad (2.11)$$

Dimana:

A : Luas penampang rotor

D : Diameter rotor

t : Tinggi rotor

Poros Turbin Angin Savonius

Poros satu bagian yang penting dari setiap mesin (Sularso dan Kiyokatsu Suga. 2004). Pada turbin angin poros berfungsi sebagai tempat kedudukan sudu, dan juga berfungsi sebagai alat penghubung utama terjadinya perubahan energi, dari energi kinetik menjadi energi listrik yang sebelumnya melalui generator (Putranto, A. 2011). Secara umum poros digunakan untuk meneruskan daya dan putaran. Poros turbin savonius kedudukannya vertikal sehingga akan mengalami beban puntir. Berdasarkan jenis poros, turbin angin savonius menggunakan jenis poros transmisi yang mengalami beban berupa momen puntir dan momen lentur. Daya dapat ditransmisikan melalui kopling, roda gigi, dan belt. Daya rencana poros (Sularso dan Kiyokatsu Suga. 2004), turbin angin savonius

$$P_d = f_c \times P \quad (2.12)$$

Dimana:

P_d : daya rencana

f_c : factor koreksi

P : daya (kW)

Momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah T (kg.mm) maka

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{N} \quad (2.13)$$

Bila momen rencana T (kg.mm) dibebankan pada suatu diameter poros d_s (mm), maka tegangan geser τ (kg/mm²) yang terjadi adalah

$$\tau = \left(\frac{T}{\pi d_s^3} \right) = \frac{5,1 T}{d_s^3} \quad (2.14)$$

Tegangan geser ijin (τa) untuk bahan poros dapat dihitung dengan persamaan

$$\tau a = \frac{\tau b}{Sf1 \times Sf2} \quad (2.15)$$

Diameter poros d_s (mm) di hitung dengan rumus ;

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau a} K t C b T \right]^{1/3} \quad (2.16)$$

BAB 3 METODE DAN PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya pengujian putaran Sudu u dan Heliks sebagai pemindah daya dan putaran pada prototype turbin angin savonius di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Adapun waktu pelaksanaan penelitian pengerjaan dan penyusunan tugas sarjana ini dilaksanakan mulai 22 juli 2019 s/d 29 januari 2020 data daya yang di hasilkan dari putaran prototype turbin angin savonius ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1: Timeline Kegiatan

No	Kegiatan	Juli	Agust	Sept	Okto	Des	Jan	Feb	Maret
1	Pengajuan Judul	■							
2	Studi Literatur		■						
3	Pembuatan Spesimen			■					
4	Pelaksanaan Pengujian				■				
5	Penyimpulan Hasil Pengujian					■	■		
6	Penyelesaian Skripsi						■	■	
7	Seminar Hasil								■
8	Sidang Tugas Akhir								■

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

3.2.1 Mesin Bubut

Mesin bubut di gunakan untuk memotong dan membubut bahan menjadi bagian bagian yang telah di ukur pada ukuran yang telah di rencanakan.

3.2.2 Travo Las.

Travo Las adalah mesin yang berfungsi untuk melakukan kegiatan pengelasan baik diluar ruangan maupun didalam ruangan, asalkan memiliki sumber listrik untuk menyalakan mesin travo las tersebut. Sedangkan pengertian dari pengelasan itu sendiri adalah suatu proses pengerjaan penyambungan dua benda atau lebih untuk dijadikan satu.

3.2.3 Mesin Gerinda

Mesin gerinda di gunakan pada pengujian ini berfungsi untuk memotong bahan mentah yang akan digunakan untuk mebuat spesimen roda ggi dan puli pada prototype turbin angin savonius, dapat di lihat dari gambar 3.2 dibawah ini.

3.2.4 Mesin bor

Mesin bor berfungsi membuat lubang untuk baut pengikat di daun sudu, agar saat berputar daun sudu tidak lepas.

3.3 Bahan yang digunakan.

3.3.1 Baja Khrom.

Bahan yang di gunakan pada pembuatan poros prototype turbin angin savonius adalah bahan yang terbuat dari baja khrom, seperti terlihat pada gambar

3.1



Gambar 3.1 baja khrom.

3.3.2 Aluminium.

Bahan yang di gunakan pada pembuatan daun sudu type u dan sudu type heliks pada prototype turbin angin savonius adalah bahan aluminium dapat terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.2 Aluminium.

3.3.3 Baut pengikat

Baut pengikat di gunakan untuk mengikat spesimen pada poros agar saat berputa spesimen tidak lepas, dapat di lihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 3.3 baut pengikat

3.4 Alat yang di gunakan untuk pengujian.

3.4.1 Alat ukur.

Alat ukur di gunakan pada pengujian ini berfungsi untuk mengukur bahan spesimen yang akan di kerjakan untuk membuat prototype turbin angin savonius, dapat di lihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 3.4 Alat ukur

3.4.2 Wind tunel

Wind tunel digunakan pada pengujian ini berfungsi sebagai media untuk mengukur kecepatan angin, dan arus listrik yang dapat di hasilkan dari pengujian prototype turbin angin savonius dengan menggunakan spesimen transmisi roda gigi dan puli yang berbahan plastik sebagai alat pemindah daya dan putaran dengan melakukan pengujian di laboratorium universitas muhammadiyah sumatera utara seperti gambar di bawah ini .



Gambar 3.5 wind tunel

3.4.3 Multi tester

Multi tester di gunakan pada pengujian ini berfungsi untuk menghitung besar daya yang di keluarkan dari pengujian prototype turbin angin savonius, dapat di lihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 3.6 multi tester.

3.4.4 Anemometer

Anemometer di gunakan pada pengujian ini berfungsi untuk menghitung kecepatan angin yang di keluarkan dari wind tunnel, dapat di lihat dari gambar di bawah ini.



gambar 3.7 aneometer

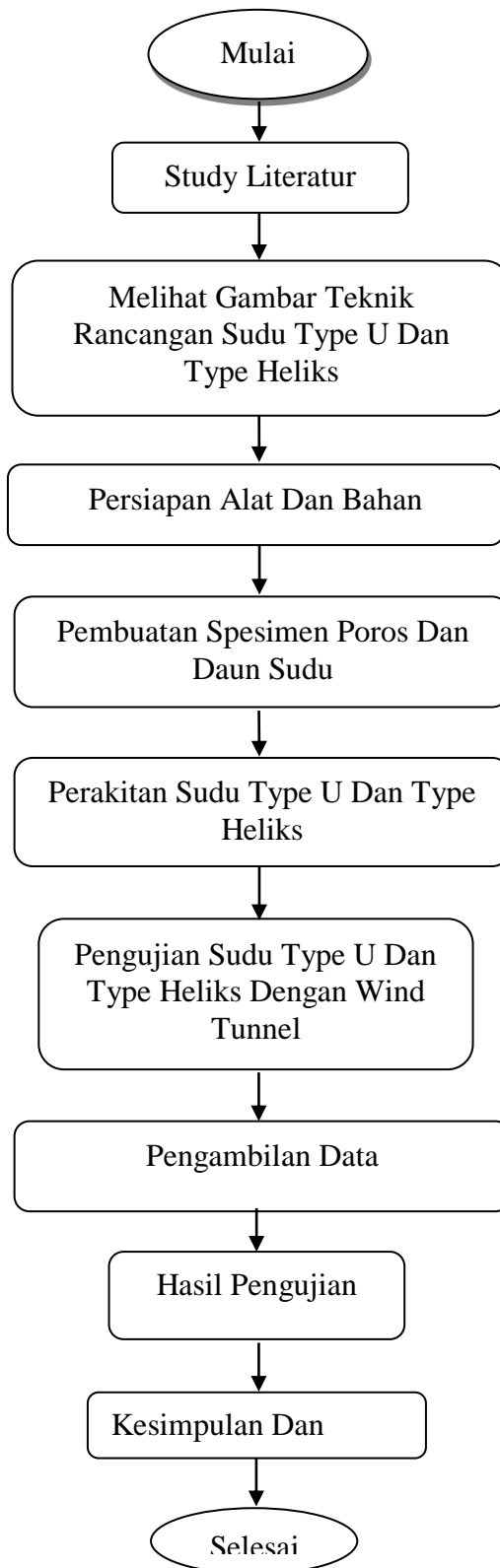
3.4.5 Tachometer

Tachometer digunakan pada pengujian ini berfungsi untuk menghitung kecepatan putaran dari spesimen roda gigi dan puli pada prototype turbing angin savonius, dapat di lihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 3.8 Tachometer.

3.5 Diagram alir penelitian.



Gambar 3.9 Diagram alir penelitian

3.6 Rancangan bahan penelitian.

Perancangan membuat poros daun sudu type U dan sudu type heliks dilakukan dengan menggunakan software auto cad dan kemudian rancangan poros, daun sudu type U dan sudu type heliks tersebut di buat dengan metode pembubutan dan pembentukan.

3.7 Prosedur pembuatan penelitian.

Adapun tahapan pembuatan spesimen poros sudu type u dan sudu type heliks pada prototype turbin angin savonius ini dapat di jelaskan pada tahapan berikut ini:

- A. Membuat perencanaan ukuran poros sudu type u dan type heliks yang akan di buat.
- B. Melihat gambar rancangan poros sudu type u dan type heliks yang di buat dengan menggunakan autocad.
- C. Menyiapkan benda kerja yang akan di kerjakan.
- D. Mengukur benda kerja yang akan di buat.
- E. Membentuk benda kerja dengan menggunakan jangka teknik dan mesin bubut.
- F. Memasang benda kerja sudu type u dan type heliks ke turbin yang telah siap di buat.
- G. Melakukan pengujian pada kedua benda kerja tersebut.
- H. Melakukan pengambilan data pengujian roda gigi dan pulley pada kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s, dengan pemindah daya dan putaran menggunakan sudu type u dan sudu type heliks. Adapun tabel untuk pengambilan data sebagai berikut.

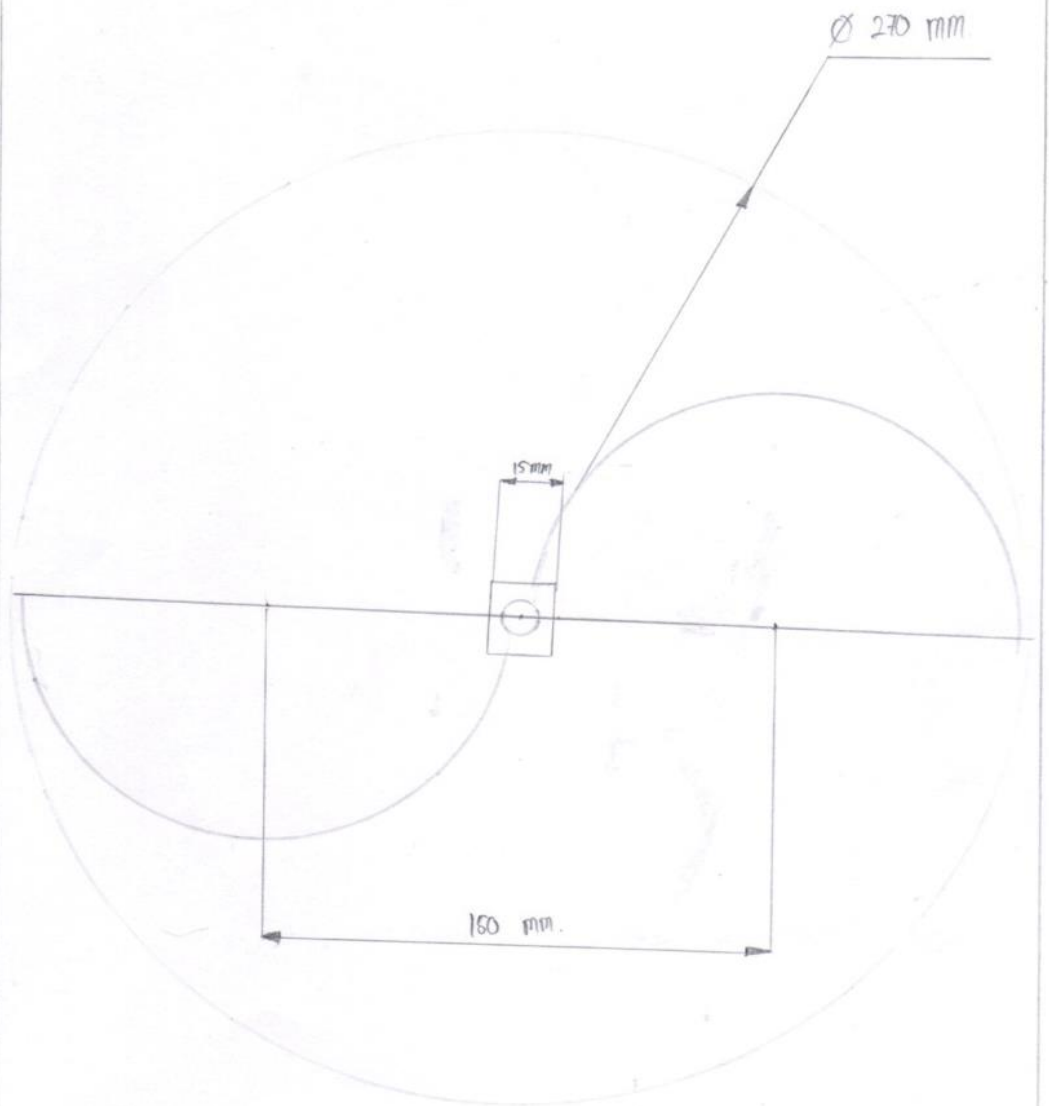
Tabel 3.2 contoh tabel pengambilan data

kecepatan angin (m/s)	Perhitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	Menit 1		
	Menit 2		
	Menit 3		
Rata rata			

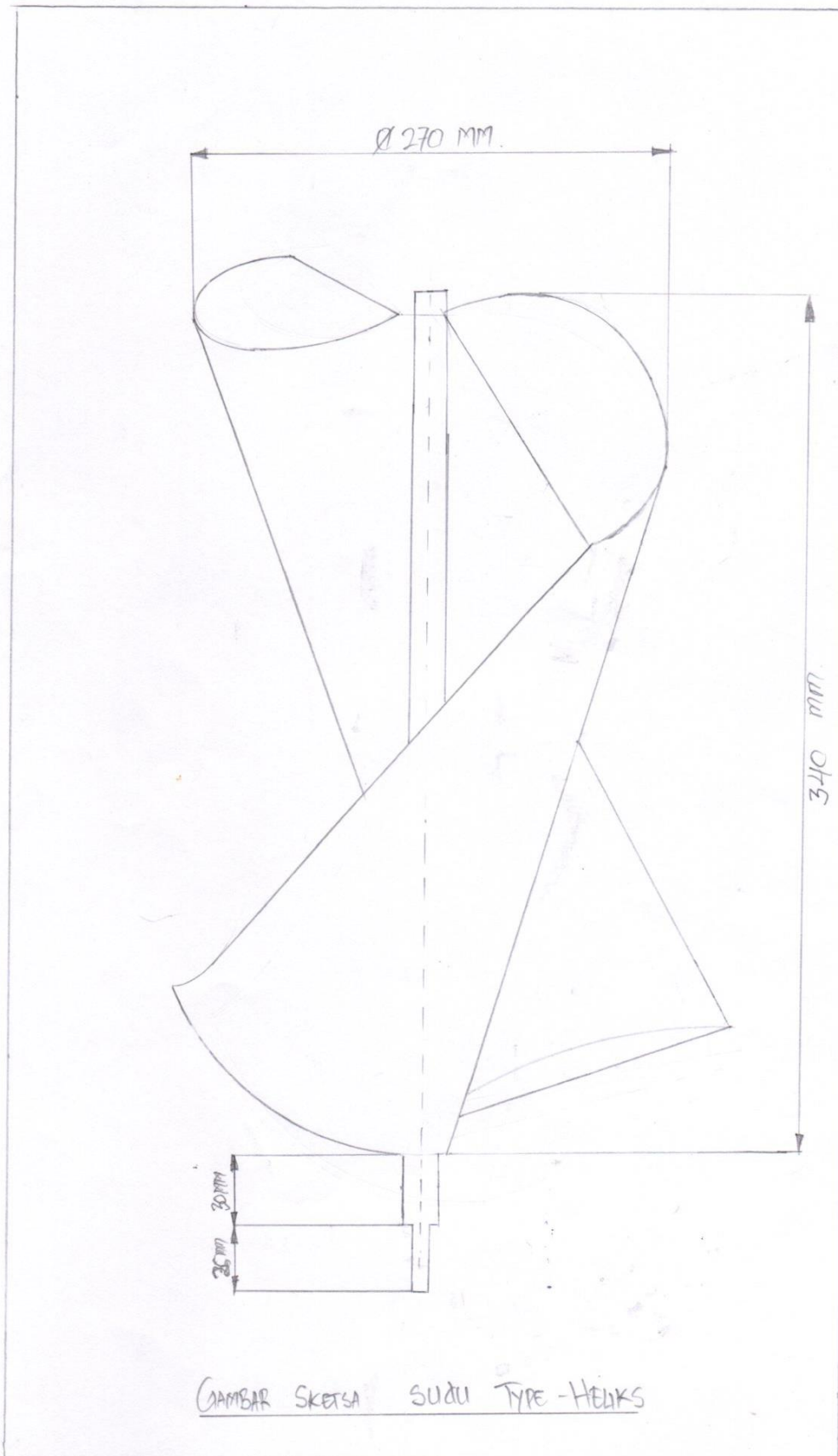
Tabel 3.3 contoh tabel pengambilan data

kecepatan angin (m/s)	Perhitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
5 m/s	Menit 1		
	Menit 2		
	Menit 3		
Rata rata			

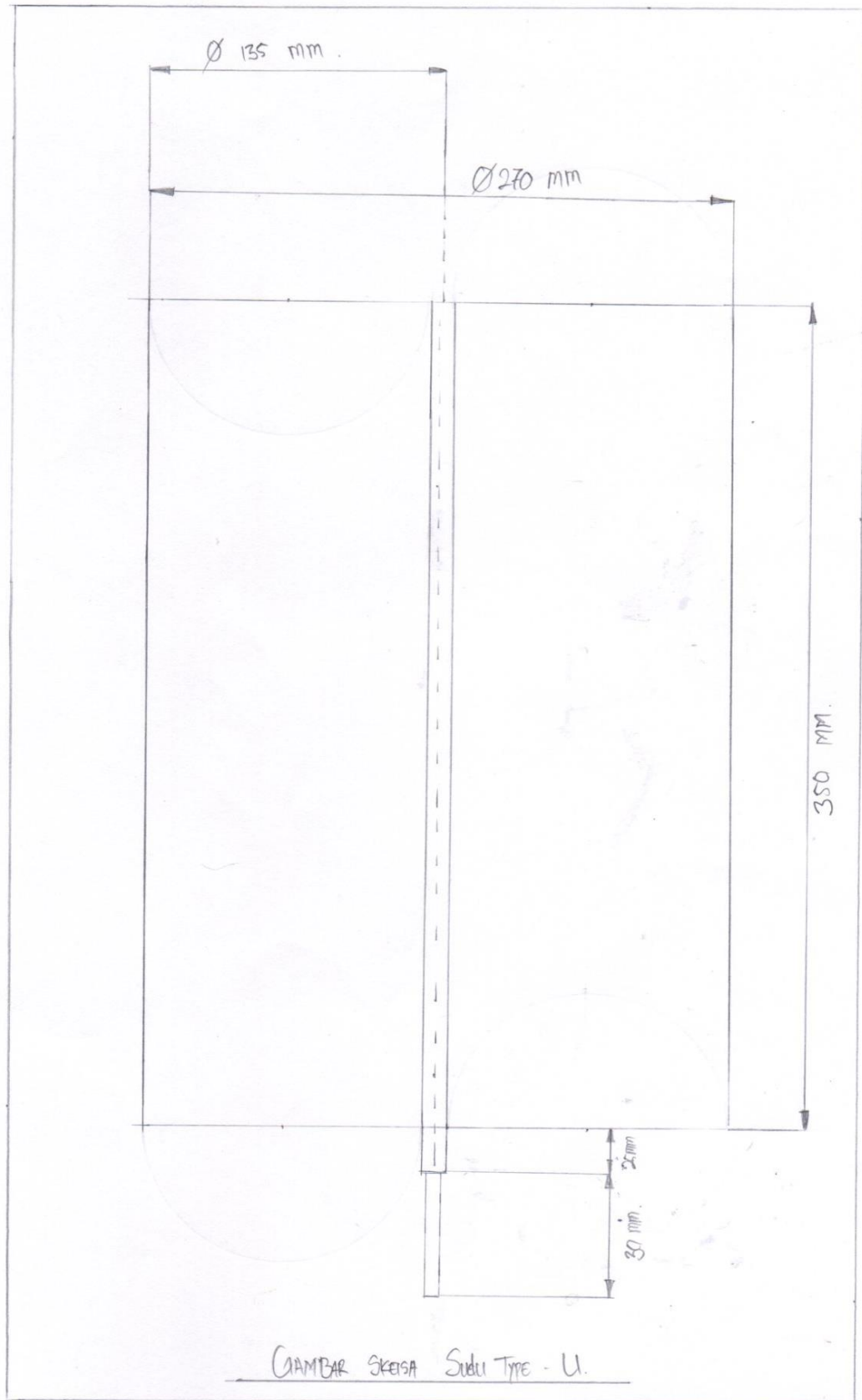
3.4. Perancangan Gambar SKETSA :

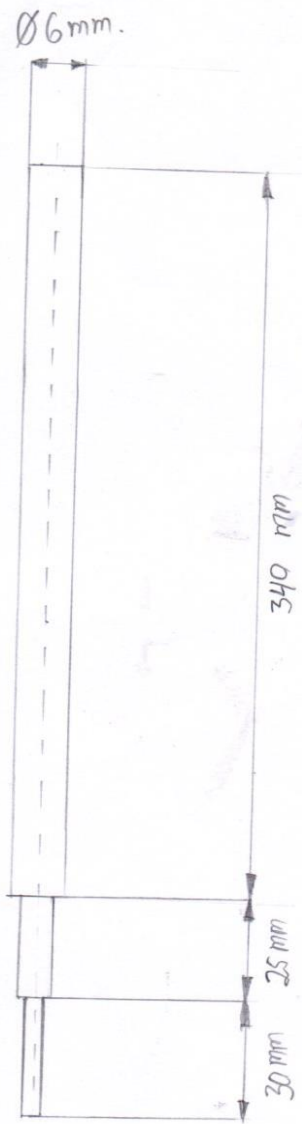


GAMBAR SKETSA DENGAN SUDU TYPE - U DAN TYPE HELIX



GAMBAR SKETSA SUDU TYPE-HELIX





GAMBAR SKETSA Pemas Sudu TYPE-U
DAN TYPE HELIKS.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Poros dan Dimensi Sudu Type U dan Type Heliks.

Melihat gambar rancangan dapat di lihat tahap pertama yang harus di lakukan pada pembuatan poros dan dimensi sudu type u dan type heliks adalah melihat gambar rancangan gambar teknik tersebut dengan menggunakan software autocad.

4.1.1 Perencanaan bahan yang akan di buat.

Untuk memenuhi studi eksperimental dalam penelitian ini, maka dirancang poros dan dua tipe sudu turbin angin *savonius* yang berbeda, yaitu:

1. *Rotor savonius type-U* dengan 2 sudu dan
2. *Rotor savonius type-Helix* dengan 2 sudu.

Berikut ini adalah beberapa komponen *rotor* yang dirancang:

- a. Poros
- b. Lengan sudu rotor
- c. Sudu rotor *type U* dan *type Heliks*.

Pada penelitian ini dibuat dua jenis tipe rotor turbin angin *savonius* yaitu sudu *type U* dan sudu *type heliks*, yang membedakan dari kedua tipe rotor ini hanya bentuk penampang sudunya saja, sedangkan untuk poros, lengan sudu, dan dudukan lengan sudunya sama. Pertama adalah sudu bentuk hampir setengah lingkaran berpenampang *type U*, dan yang kedua sudu bentuk hampir setengah lingkaran yang dipuntir 90^0 sehingga berpenampang *Helix*, masing-masing dua sudu.

Untuk perencanaan rotor turbin angin *savonius* dalam eksperimen dibutuhkan data-data yang diketahui, dipilih serta diharapkan seperti :

Direncanakan ;

P = Daya = 4 Watt = 0,004 kW (Angka Ketetapan Dari Generator)

n = Putaran Poros = 200 rpm (Merupakan Angka Kebesaran Dari Wintunnel)

f_c = Faktor Koreksi = 1,2 (Angka Yang Diambil Dari Faktor Koreksi)
untuk nilai f_c dapat kita lihat pada tabel 4.1. dibawah ini.

Tabel 4.1. Faktor Koreksi daya yang akan ditranmisikan, f_c .

Daya yang akan ditranmisikan	f_c
Daya rata – rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 - 1,2
Daya normal	1,0 - 1,5

Dengan menggunakan persamaan (2.12), maka daya rencana (Pd) kW;

$$Pd = f_c \times P$$

Dimana ;

Pd : daya rencana

f_c : factor koreksi = 1,2

P : daya = 0,004 kW

Maka daya rencana ;

$$Pd = 1,2 \times 0,004 = 0,0048 \text{ kW}$$

Jika momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah T (kg.mm), dengan menggunakan persamaan (2.13), maka

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n}$$

$$T = 9.7400 \times \frac{0,0048}{200} = 9.74000 \times 0,000024 = 23,376 \text{ kg.mm}$$

Bila momen rencana T (kg.mm) dibebankan pada suatu diameter poros ds (mm), dengan menggunakan persamaan (2.14), maka tegangan geser τ (kg/mm²) yang terjadi adalah :

$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi ds^3}{16}\right)} = \frac{5,1 T}{ds^3} \quad \text{dan terlebih dahulu dicari diameter poros.}$$

4.1.2 Perhitungan dan Perencanaan Luas *Rotor*

Turbin angin *savonius* memiliki *rotor*, dan *rotor* merupakan elemen utama turbin angin. Adapun tenaga total aliran angin yang mengalir adalah sama dengan laju energi kinetik aliran yang datang yang dirumuskan dengan persamaan (2.9).

$$P_{total} = \frac{1}{2gc} \rho AV^3$$

Dimana :

ρ : massa jenis angin = 1,1514 (kg/m³)

A : luas rotor turbin (m²)

V : kecepatan aliran angin = 5 m/s (asumsi)

gc : factor konversi = 1,9 kg/N.s²)

P_{tot} : Daya = 4 Watt

$$4 = \frac{1}{2 \times 1,9} 1,1514 \times A \times 5^3$$

$$A = \frac{2 \times 1,9 \times 4}{1,1514 \times 125} = \frac{15,2}{143,92} = 0,10 \text{ m}^2$$

Jadi luas *rotor* turbin *savonius* adalah 0,10 m²

4.1.3 Perhitungan Tenaga Maksimum Turbin *Savonius*

Dengan menggunakan persamaan (2.10) kita dapatkan tenaga maksimumnya, yaitu :

$$P_{max} = \frac{8}{27 \times gc} \rho AV^3$$

$$\begin{aligned} P_{max} &= \frac{8}{27 \times 1,9} 1,1514 \times 0,10 \times 125 \\ &= \frac{115,14}{51,3} = 2,24 \text{ Watt} \end{aligned}$$

maka perhitungan Efisiensi teoritis ideal rotor

$$\eta_{turbin} = \frac{P_{max}}{P_{tot}} = \frac{2,24}{4} = 0,56$$

Dapat dikatakan turbin angin *savonius* mengkonversikan tidak lewat dari 60% dari daya total angin menjadi tenaga berguna.

4.1.4 Perhitungan Dimensi Sudu

Rancangan sudu pada turbin angin savonius ini ada 2 bagian yaitu diameter rotor dan panjang rotor (D dan t). Untuk rancangan ini dipilih perbandingan diameter rotor dengan tinggi rotor (D/t) sebesar 0,8.

Dengan diameter rotor yang lebih kecil kesanggupan *start up* juga lebih kecil. Dalam hal ini diambil rasio diameter terhadap tinggi rotor, D/t sama dengan 0,8.

Luasan rotor turbin angin adalah $0,10 \text{ m}^2$, yang dirumuskan dengan persamaan (2.11) :

$$A = D \times t$$

Dimana :

A : luas rotor = $0,10 \text{ m}^2$

D : diameter rotor

t : tinggi rotor

jadi :

$$0,10 = D \times t$$

$$D/t = 0,8$$

$$D = 0,8 t$$

$$0,10 = 0,8 t \times t$$

$$0,10 = 0,8 t^2$$

$$t^2 = \frac{0,10}{0,8} = 0,12$$

maka : $t = \sqrt{0,12} = 0,34 \text{ m} = 34 \text{ cm} = 340 \text{ mm}$

dan diameter turbin angin adalah ;

$$D = 0,8 \times t$$

$$D = 0,8 \times 0,34 = 0,27 \text{ m} = 27 \text{ cm} = 270 \text{ mm}$$

4.1.5 Perancangan Poros

Poros yang akan digunakan pada turbin *savonius* ini akan mengalami beban puntir dan beban lentur, akan tetapi yang paling besar adalah beban puntir yang disebabkan putaran. Bahan untuk poros turbin *savonius* dipilih dari bahan baja khrom (JIS G 4104) SCr22 dengan perlakuan panas dan pengerasan kulit , sebab bahan tahan dengan keausan dan banyak dijual dipasaran. Kekuatan

tariknya $\sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$, pemilihan bahan dapat kita lihat pada tabel 4.2. dibawah ini.

Tabel 4.2. Baja paduan untuk poros (kiokatsu suga dan sularso, 1997)

Standard an macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik σ_B (kg/mm ²)
Baja khrom nikel (JIS G 4102)	SNC 2	-	85
	SNC 3	-	95
	SNC21	Pengerasan kulit	80
	SNC22	“	100
Baja khrom nikel molibden (JIS G 4103)	SNCM 1	-	85
	SNCM 2	-	95
	SNCM 7	-	100
	SNCM 8	-	105
	SNCM22	Pengerasan kulit	90
	SNCM23	“	100
	SNCM25	“	120
Baja khrom (JIS G 4104)	SCr 3	-	90
	SCr 4	-	95
	SCr 5	-	100
	SCr21	Pengerasan kulit	80
	SCr22	Pengerasan kulit	58

Tabel 4.3. Baja paduan untuk poros (lanjutan)

Standard an macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)
Baja khrom mplybden (JIS G 4105)	SCM 2	-	85
	SCM 3	-	95
	SCM 4	-	100
	SCM 5	-	105
	SCM21	Pengerasan kulit	85
	SCM22	“	95
	SCM23	“	100

untuk bahan S-C factor keamanan $Sf_1 = 6,0$ dan $Sf_2 = 1,3 - 3,0$, diambil (2). Maka tegangan geser ijin (τa) untuk bahan poros dapat dihitung dengan persamaan (2.14)

$$\tau a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} = \frac{58}{6 \times 2} = 4,8333 \text{ kg/mm}^2$$

Keadaan momen puntir harus ditinjau. Factor koreksi yang dianjurkan oleh ASME juga akan dipakai, factor ini dinyatakan dengan Kt (factor koreksi terhadap momen puntir) yang besarnya 1,0 jika beban dikenakan halus, 1,0 – 1,5 jika terjadi sedikit kejutan, dan 1,5 – 3,0 jika dengan kejutan besar. Diambil $Kt = 1,5$

Diperkirakan akan terjadi pemakaian dengan beban lentur, maka akan dipakai pertimbangan pemakaian factor Cb yang harganya antara 1,2 sampai 2,3, dan yang digunakan nilai $Cb = 2$. Dari persamaan (2.15) didapat rumus menghitung diameter poros ds (mm) ;

$$ds = \left[\frac{5,1}{\tau a} Kt Cb T \right]^{1/3} = \left[\frac{5,1}{4,8333} 1,5 \times 2 \times 23,376 \right]^{1/3}$$

$$ds = [504,923]^{1/3} = 6,470 \approx 6 \text{ mm}$$

karena harga terdahulu lebih kecil yaitu 6,470 mm, maka harga dari tabel diameter poros diambil 6 mm, diameter poros diperlihatkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Diameter poros (kiokatsu suga dan sularso, 1997)

(Satuan mm)

4	10	*22,4	40	100	*224	400
		24		(105)	240	
	11	25	42	110	250	420
					260	440
4,5	*11,2	28	45	*112	280	450
	12	30		120	300	460
		*31,5	48		*315	480
5	*12,5	32	50	125	320	500
				130	340	530
		35	55			
*5,6	14	*35,5	56	140	*355	560
	(15)			150	360	
6	16	38	60	160	380	600
	(17)			170		
*6,3	18		63	180		630
	19			190		
	20			200		
	22		65	220		
7			70			
*7,1			71			
			75			
8			80			
			85			
9			90			
			95			

Setelah diameter poros diperoleh, maka tegangan gesernya (τ) adalah ;

$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi ds^3}{16}\right)} = \frac{5,1 T}{ds^3} = \frac{5,1 \times 23,376}{6^3}$$

$$= \frac{119,2176}{216} = 5,519 \text{ kg/mm}^2$$

4.1.6 Material yang di gunakan.

Material yang di gunakan untuk poros di beli baja khrom dengan SCr22 pengerasan kulit 85.



Gambar 4.1 Material yang di gunakan.

Dan untuk daun rotor di gunakan aluminium dengan ketebalan 0,3 mm

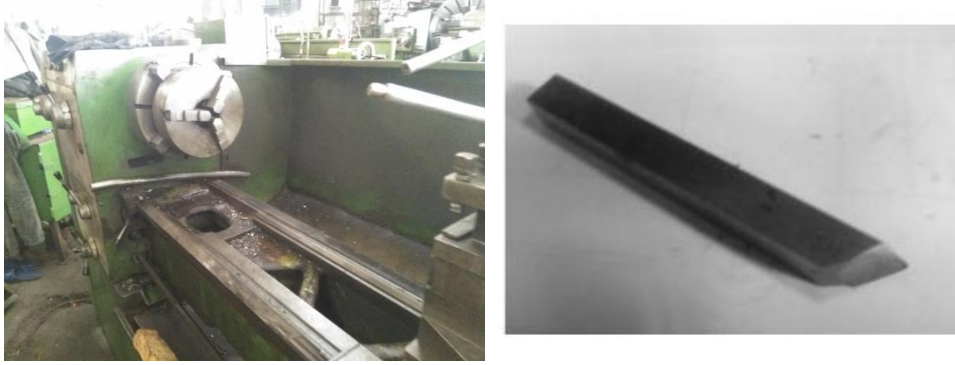


Gambar 4.2 Material yang di gunakan.

4.1.7 Pembuatan spesimen

Proses pertama untuk pembuatan poros menggunakan mesin bubut.

1. Cek ukuran awal benda kerja dengan diameter 6 x 395 mm dengan susai perencanaan.
2. Mempersiapkan mesin bubut dan peralatan lainnya.



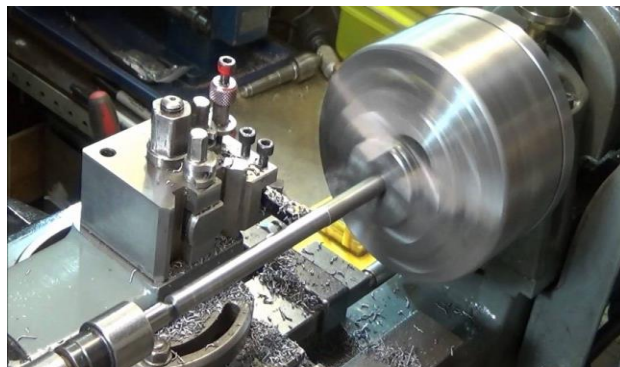
Gambar 4.3 peralatan yang di butuhkan

3. Pasang pahat bubut setinggi senter.
4. Cekam benda kerja setengah dari benda kerja tersebut.



Gambar 4.4 proses pembubutan poros.

5. Kemudian bubut benda kerja depan belakang sehingga mencapai ukuran benda kerja berdiameter 6 mm.



Gambar. 4.5 proses pembubutan poros.

6. Lalu kemudian bubut ujung benda kerja sehingga berdiameter 4 mm.



Gambar 4.6 proses pembubutan poros.

7. Lalu lepas benda kerja dari cekam dan selesailah proses pembubutan pembuatan poros.

4.1.8 hasil pembuatan poros.

Setelah bahan melalui proses pembuatan maka dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 4.7 hasil pembuatan poros.

4.2 Pembuatan Rotor.

Proses pertama untuk pembuatan rotor dengan menggunakan jangka sorong.

1. Ukur daun rotor sesuai dengan rancangan di atas lalu garis dengan menggunakan jangka teknik.



Gambar 4.8 proses pembuatan sudu.

2. Lalu gunting bagian daun rotor dengan sesuai ukuran dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.9 proses pembuatan sudu.

3. Lalu satukan poros dengan dudukan daun rotor yang telah selesai di buat dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.10 proses pembuatan sudu.

4. Lalu selanjutnya gunting daun rotor dengan ukuran 340 x 150 mm dan satukan dengan lengan rotor selesailah pembuatan sudu.

4.2.1 hasil pembuatan rotor.

Setelah bahan melalui proses pembuatan maka dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.11 hasil pembuatan rotor.

4.3 Pengujian benda kerja

Pada pengujian sistem transmisi pada prototype turbin angin savonius ini di lakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan menggunakan wind tunnel dengan perencanaan daya kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s.



Gambar 4.12 wind tunel pengujian.

Adapun tahapan pengujian ini adalah :

1. Mempersiapkan benda kerja yang akan di uji.



Gambar 4.13 menyiapkan benda kerja.

2. Memakai peralatan pakaian sesuai prosedur yang berlaku.
3. Memulai perakitan benda kerja dengan percobaan pertama menggunakan sudu type – u dengan sistem transmisi roda gigi.



Gambar 4.14 merakit benda kerja roda gigi

4. Memulai percobaan pertama dengan wind tunnel dengan kecepatan 5 m/s, lalu di hitung putaran dan daya yang di hasilkan.
5. Setelah selesai lalu di ubah kecepatan angin menjadi 4 m/s, lalu di hitung putaran dan daya yang di hasilkan.
6. Memulai percobaan kedua dengan menggunakan sudu type helix dengan sistem transmisi roda gigi.



Gambar 4.15 merakit benda kerja roda gigi dengan Menggunakan sudu type helix

7. Lakukan langkah kerja 4 dan 5 sesuai dengan percobaan yang telah di rencanakan.
8. Memulai percobaan ketiga dengan menggunakan sudu type – u dengan sistem transmisi pulley belt.



Gambar 4.16 merakit benda kerja pulley dengan sudu type – U

9. Lakukan langkah kerja 4 dan 5 sesuai dengan percobaan yang telah di rencanakan.
10. Memulai percobaan ke empat dengan menggunakan sudu type helix dengan sistem transmisi pulley belt.



11. Lakukan langkah kerja 4 dan 5 sesuai dengan percobaan yang telah di rencanakan.
12. Setelah semuanya selesai di lakukan pengambilan data dan menilai perbandingan pengujian benda kerja yang lebih lebih efisien.
13. Setelah selesai rapikan kembali alat dan bahan yang di pakai untuk melakukan pengujian yang sedang berlangsung.



4.3.1 Pengolahan data

1. Dari percobaan pertama sudu type helix menggunakan sistem pemindah daya roda gigi dengan kecepatan 4 m/s dan 5 m/s :

Tabel 4.5 hasil percobaan sudu type heliks dengan roda gigi

Kecepatan angin (m/s)	Hitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	Menit 1	220,8	1,43
	Menit 2	225,4	1,54
	Menit 3	230,8	1,60
Rata rata	Menit rata-rata	230,8	1,60

Tabel 4.6 hasil percobaan sudu type heliks dengan roda gigi

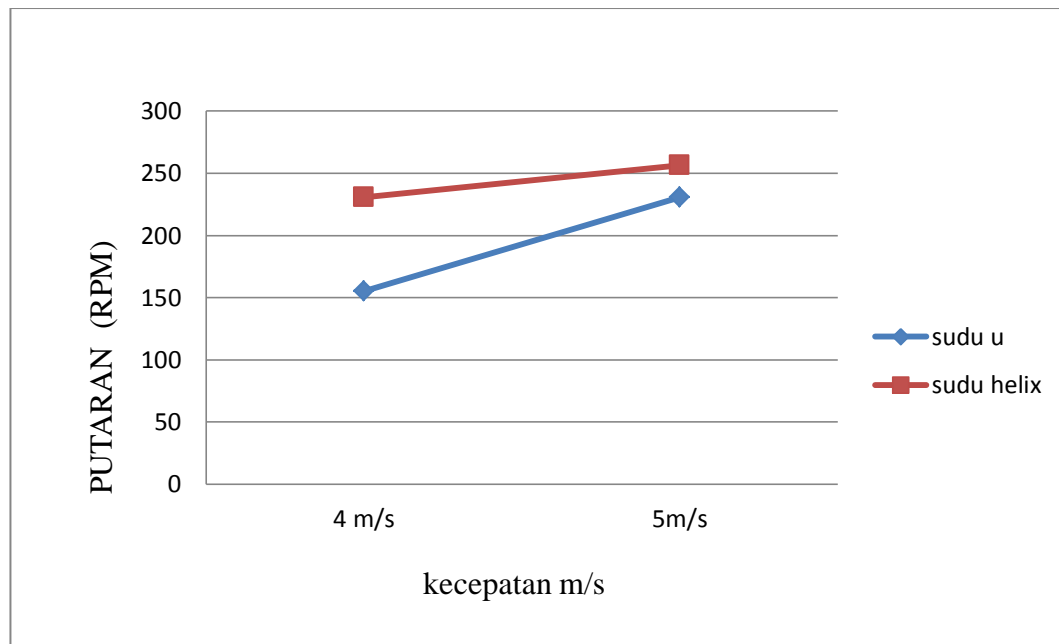
Kecepatan angin (m/s)	Hitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
5 m/s	Menit 1	230,8	1,60
	Menit 2	250,4	1,98
	Menit 3	256,5	2,082
Rata rata	Menit rata-rata	256,5	2,082

- Hasil dari percobaan sudu type heliks dengan menggunakan roda gigi dapat di lihat dari tabel di bawah.

Tabel 4.7 hasil rata – rata putaran sudu type heliks dengan roda gigi

Kecepatan angin (m/s)	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	230,8	1,60
5 m/s	256,5	2,082

Dengan tabel di atas maka di peroleh grafik putaran yang di hasilkan dari percobaan sudu type heliks dengan roda gigi kecepatan angin 4 dan 5 m/s seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.19 grafik putaran sudu type heliks dengan kecepatan 4 dan 5 m/s

2. Dari percobaan kedua sudu type heliks menggunakan sistem transmisi pulley belt dengan kecepatan 4 m/s dan 5 m/s :

Tabel 4.8 hasil percobaan sudu type heliks dengan pulley belt

Kecepatan angin (m/s)	Hitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	Menit 1	198,3	1,3
	Menit 2	210,3	1,42
	Menit 3	216,4	1,49
Rata rata	Menit rata-rata	216,4	1,49

Tabel 4.9 hasil percobaan sudu type heliks dengan pulley belt

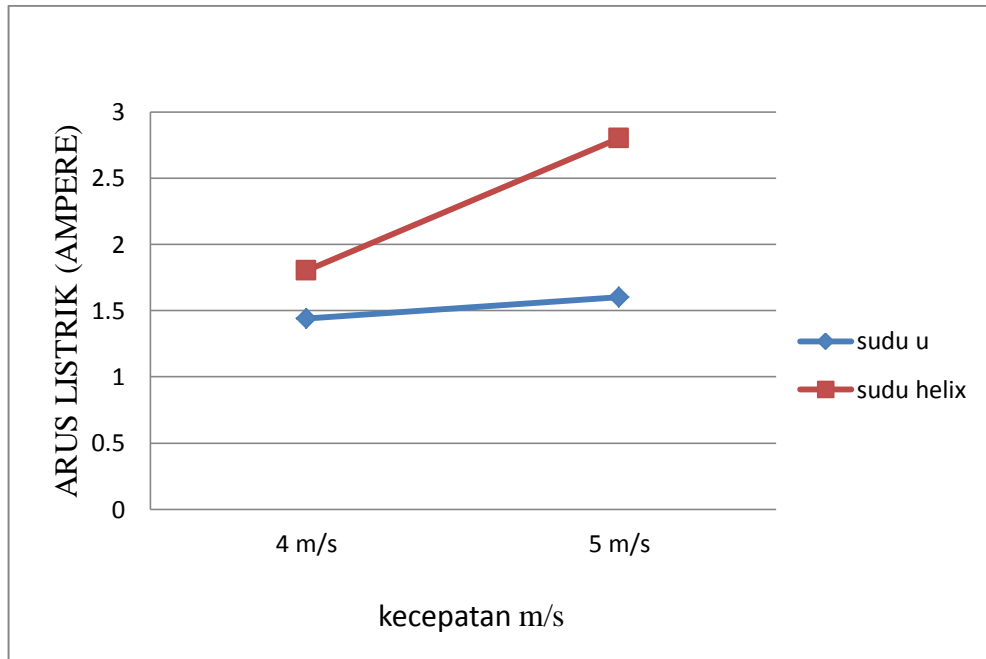
Kecepatan angin (m/s)	Hitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
5 m/s	Menit 1	240,8	1,80
	Menit 2	246,4	1,86
	Menit 3	250,5	1,92
Rata rata	Menit rata-rata	250,5	1,92

- Hasil dari percobaan sudu type heliks dengan menggunakan pulley belt dapat di lihat dari tabel di bawah.

Tabel 4.10 hasil rata – rata putaran type heliks dengan pulley belt.

Kecepatan angin (m/s)	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	216,4	1,49
5 m/s	250,5	1,92

Dengan tabel di atas maka di peroleh grafik putaran yang di hasilkan dari percobaan sudu type heliks dengan menggunakan pulley belt kecepatan angin 4 dan 5 m/s seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.20 Grafik arus listrik sudu type heliks dengan kecepatan 4 dan 5 m/s

Dari pengambilan data maka dapat dilihat dari tabel di atas bahwa prototype turbin angin savonius type heliks dengan roda gigi sebagai pemindah daya dan putaran lebih efisien menghantarkan arus listrik dan putarannya dengan kecepatan angin sebesar 5 m/s dan 4 m/s sesuai yang di asumsikan.

3. Dari percobaan ketiga sudu type - U menggunakan sistem pemindah daya dan putaran roda gigi dengan kecepatan 4 m/s dan 5 m/s :

Tabel 4.11 hasil percobaan sudu type - U dengan roda gigi

Kecepatan angin (m/s)	Hitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	Menit 1	145	1,37
	Menit 2	151,6	1,40
	Menit 3	155,2	1,44
Rata rata	Menit rata-rata	155,2	1,44

Tabel 4.12 hasil percobaan sudu type - U dengan roda gigi

Kecepatan angin (m/s)	Hitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
	Menit 1	223,2	1,70

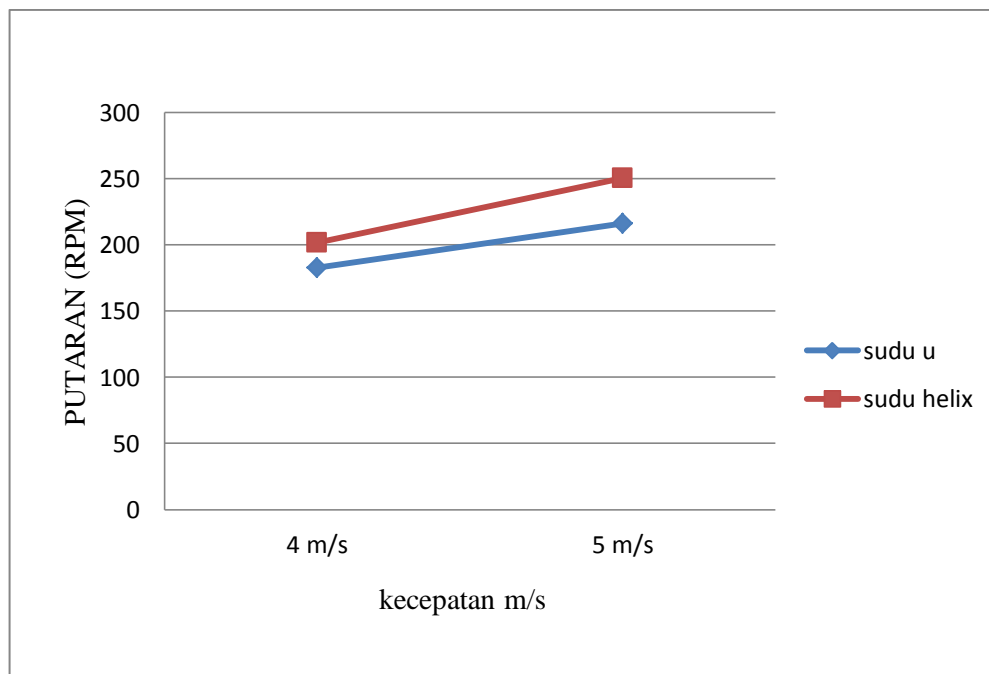
5 m/s	Menit 2	228,6	1,77
	Menit 3	230,8	1,801
Rata rata	Menit rata-rata	230,8	1,801

- Hasil dari percobaan sudu type u dengan menggunakan roda gigi dapat di lihat dari tabel di bawah.

Tabel 4.13 hasil rata – rata putaran sudu type u dengan menggunakan roda gigi.

Kecepatan angin (m/s)	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	155,2	1,44
5 m/s	230,8	1,801

Dengan tabel di atas maka di peroleh grafik putaran yang di hasilkan dari percobaan sudu type u dengan roda gigi kecepatan angin 4 dan 5 m/s seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.21 Grafik putaran percobaan sudu type u dengan roda gigi kecepatan 4 dan 5 m/s.

4. Dari percobaan keempat sudu type - U menggunakan sistem pemindah daya dan putaran pulley belt dengan kecepatan 4 m/s dan 5 m/s :

Tabel 4. 14 percobaan sudu type u dengan pulley belt

Kecepatan angin (m/s)	Hitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	Menit 1	178,6	1,19
	Menit 2	179,9	1,20
	Menit 3	182,8	1,23
Rata rata	Menit rata rata	182,8	1,23

Tabel 4.15 percobaan sudu type u dengan pulley belt.

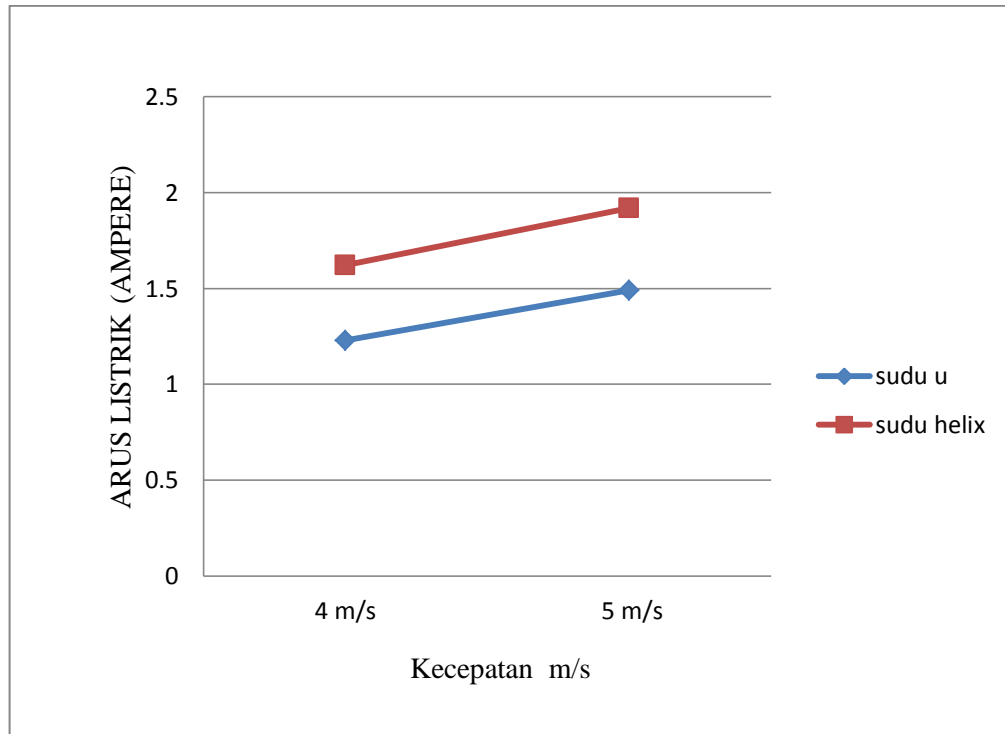
Kecepatan angin (m/s)	Hitungan per menit	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
5 m/s	Menit 1	180,5	1,20
	Menit 2	185,9	1,21
	Menit 3	187,8	1,25
Rata rata	Menit rata-rata	187,8	1,25

- Hasil dari percobaan sudu type u dengan menggunakan plley belt dapat di lihat dari tabel di bawah.

Tabel 4.16 hasil rata – rata putaran sudu type u dengan menggunakan pulley belt.

Kecepatan angin (m/s)	Putaran (rpm)	Arus listrik (ampere)
4 m/s	182,8	1,23
5 m/s	187,8	1,25

Dengan tabel di atas maka di peroleh grafik arus listrik yang di hasilkan dari percobaan sudu type u dengan pulley belt kecepatan angin 4 dan 5 m/s seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.22 Grafik arus listrik percobaan sudu type u dengan pulley belt kecepatan 4 dan 5 m/s.

Dari pengambilan data maka dapat di lihat dari tabel di atas bahwa prototype turbin angin savonius type u dengan roda gigi sebagai pemindah daya dan putaran lebih efisien menghantarkan arus listrik dan putarannya dengan kecepatan angin sebesar 5 m/s dan 4 m/s sesuai yang di asumsikan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.

1. Setelah dilakukan pengujian eksperimen terhadap turbin angin savonius type heliks dengan kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s dengan pemindah daya dan putaran menggunakan roda gigi maka di peroleh putaran turbin angin pada sistem roda gigi sebesar 256,5 rpm dan menghasilkan arus listrik sebesar 2,082 ampere.
2. sedangkan pengujian terhadap turbin angin savonius type heliks dengan kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s dengan pemindah daya dan putaran menggunakan sistem pulley maka di peroleh putaran turbin angin pada sistem pulley sebesar 250,5 rpm dan menghasilkan arus listrik 1,920 ampere. Dengan ini, maka putaran turbin dengan sistem roda gigi lebih cepat di bandingkan dengan sistem pulley pada kecepatan yang sama.
3. Setelah dilakukan pengujian eksperimen terhadap turbin angin savonius type - U dengan kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s dengan pemindah daya dan putaran menggunakan roda gigi maka di peroleh putaran turbin angin pada sistem roda gigi sebesar 238,8 rpm dan menghasilkan arus listrik sebesar 1,801 ampere,
4. Sedangkan pengujian eksperimen terhadap turbin angin savonius type –U dengan kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s dengan pemindah daya sistem pulley maka di peroleh putaran turbin angin pada sistem pulley sebesar 202,6 rpm dan menghasilkan arus listrik 1,620 ampere. Dengan ini, maka putaran turbin dengan sistem roda gigi lebih cepat di bandingkan dengan sistem pulley pada kecepatan angin yang sama.
5. Dengan kesimpulan point pertama dan kedua, lebih efisien dan efektif di dapatkan bahwa turbin angin savonius type heliks lebih baik di bandingkan type – U dengan kecepatan angin yang sama.

5.2 Saran.

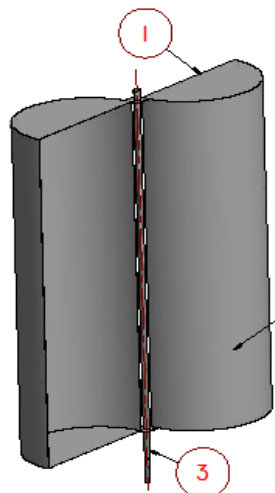
1. Untuk penelitian berikutnya dapat di aktualisasikan di alam bebas sebagai pembangkit listrik alternatif tenaga angin..
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat di rencanakan dan di kembangkan dengan menggunakan sistem transmisi roda gigi pemindah kecepatan hasil maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

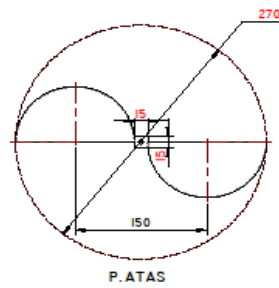
- Sumiati, R., Aidil Zambli. (2013). *Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik untuk Media Pembelajaran*.
- Dewi, Marizka Lustia. (2010). *Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin*.
- Alexin, M., Putra, Mulyadi, Ganjar Pribadi, Taufiq Mawardinata, dan Tito Santika. (2011). *Uji Experimental Rotor Helical Savonius Dibandingkan Dengan Rotor Savonius*.
- Daryanto, Y. (2007). *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG-UPT-LAGG.
https://elkace.files.wordpress.com/2008/02/kincir_angin.pdf
- Sargolzaei, J. (2007). *Prediction of the power ratio and torque in wind turbine Savonius rotors using artificial neural networks*. Department of chemical engineering. Ferdowsi university of Mashhad. Iran.
- Mittal, Neeraj. (2001). *Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT*. Thesis. UK: Departemen of Mechanical Engineering University of Strathclyde
- Sularso dan Kiyokatsu Suga. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita, pp:7-9
- Putranto, A., Prasetyo, A., & Zاتمiko, A. (2011). *Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal untuk Penerangan Rumah Tangga*. Universitas Diponegoro.
- Atmadi, S., & Fitroh, A. J. (2008). *Pengembangan Metode Parameter Awal Rotor Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius*. Peneliti Pusat teknologi Dirgantara Terapan (LAPAN). Jurnal Teknologi Dirgantara Vol.6 No.6. 41-50.
- Heliks Win, 2006 *Pengembangan Rotor Savonius Berbentuk Heliks*.
https://www.google.com/url?sa=Turbin_Angin_Vertikal_Savonius_Bertingkat_Membentuk_Helix&usg=AOvVaw1rD7LaYqhXQDNzUXzdZqd9.
- Andreas Andi Setiawan, dkk, 2014. *Perancang Konsep Turbin Angin Savonius*.
https://www.researchgate.net/publication/317529723_Turbin_Angin_Vertikal_Savonius_Bertingkat_Membentuk_Helix

kiokatsu suga dan sularso, 1997. *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin. Jakarta : PT Pradnya Paramita.*

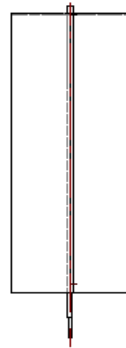
LAMPIRAN



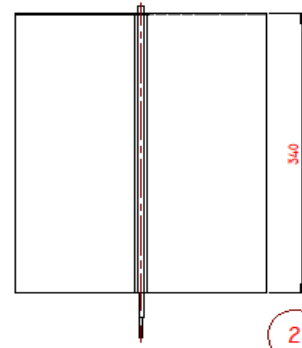
GAMBAR 3D SUDU TYPE U



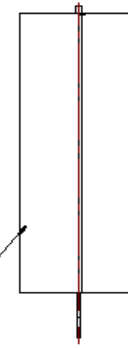
P. ATAS



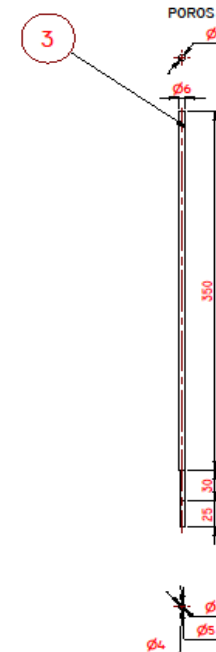
P. SAMPING KANAN



P. DEPAN

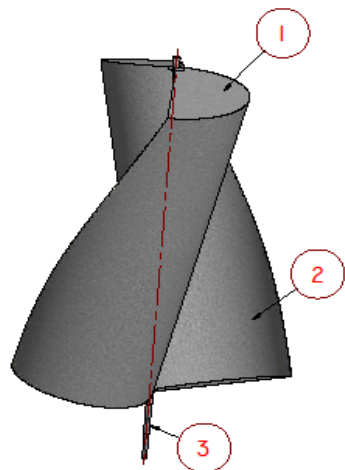


P. SAMPING KIRI

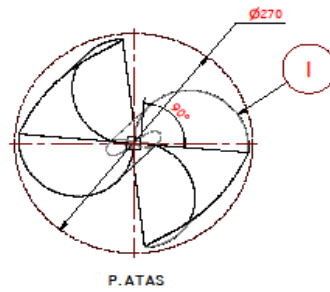


GAMBAR 3D POROS

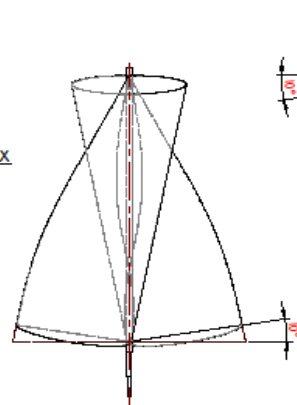
3	POROS	BAJA CHROM	
2	SUDU	ALUMINIUM	
1	LENGAN	ALUMINIUM	
NO. BAHAN	NAMA BAGIAN	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : ABDISSALAM	
	SATUAN UKURAN : mm	NPM : 1307230100	
	TANGGAL :	DIPERIKSA : AHMAD MARABDI SIREGAR. ST.MT	
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MUHAMMIDIYAH SUMATERA UTARA			SUDU TYPE U
			NO. A3



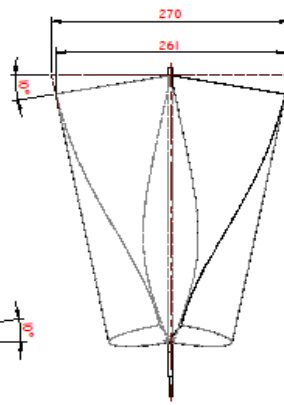
GAMBAR 3D SUDU TYPE HELIX



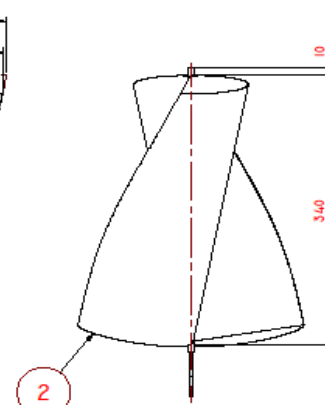
P. ATAS



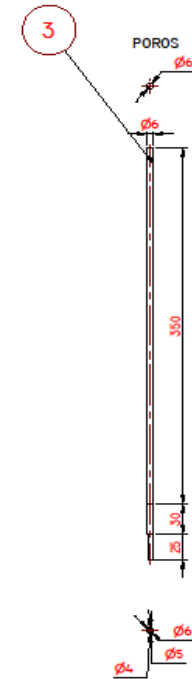
P. SAMPING KANAN



P. DEPAN



P. SAMPING KIRI



GAMBAR 3D POROS

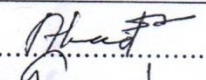
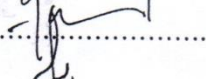
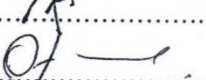
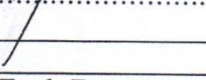
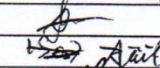
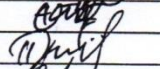
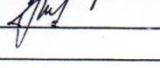
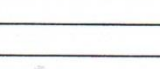
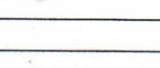
3	POROS	BAJA CHROM	
2	SUDU	ALUMINIUM	
1	LENGAN	ALUMINIUM	
NO. BAHAN	NAMA BAGIAN	BAHAN	KETERANGAN
	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : ABDISSALAM	
	SATUAN UKURAN : mm	NPM : 1307230100	
	TANGGAL :	DIPERIKSA : AHMAD HARABDI SIREGAR. ST.MT	
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MUHAMMIDIYAH SUMATERA UTARA		SUDU TYPE HELIX	NO. A3

LAMPIRAN

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


Peserta seminar

Nama : Idris
 NPM : 1307230174
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Sudu Type U dan Type Heliks Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaharui.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	:	Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II	:	Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 
Pemanding – I	:	H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 
Pemanding – II	:	Affandi.S.T.M.T	: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230183	KEVIN GHIPRI	
2	1507230007	Muhammad Syahputra	
3	1307230030	ERIT SUSANDRI	
4	1507230011	Dicky Julianto	
5	1507230160	ABDISSALAM.	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 10 Rajab 1441 H
03 Maret 2020 M

Ka.Prodi Teknik Mesin


Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Idris
NPM : 1307230174
Judul T.Akhir : Pembuatan Sudu Type U Dan Type Heliks Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaharui.

Dosen Pembimbing - I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.t
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregr.S.T.M.T
Dosen pembeding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembeding - II : Affandi 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 buku Skripsi
.....
.....
.....

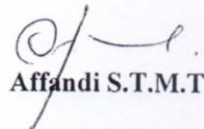
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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


Medan 10 Rajab 1441 H
03 Maret 2020 M

Diketahui :

Ka Prodi T.Mesin


Affandi S.T.M.T

Dosen Pembeding - I


H.Muharnif.S.T.M.Sc

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

NAMA : Idris
NPM : 1307230174
Judul T.Akhir : Pembuatan Sudu Type U Dan Type Heliks Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaharui.

Dosen Pembimbing - I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.t
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregr.S.T.M.T
Dosen pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Affandi 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 juga skripsi*.....
.....


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 - II


Affandi.S.T.M.T



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor 827/IL3AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 15 Juli 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : IDRIS
Npm : 1307230174
Program Study : TEKNIK MESIN
Semester : XI (Sebelas)
Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN SUDU TYPE-U DAN TYPE HELIKS PADA PROTOTYPE TURBIN ANGIN SAVONIUS SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBAHARUI

Pembimbing 1 : AHMAD MARABDI SIREGAR, S.T.,M.T

Pembimbing 11 : CHANDRA A SIREGAR,S.T.,M.T

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 12 Dzulqaidah 1440 H
15 Juli 2019



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202

Cc. File

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**PEMBUATAN SUDU TYPE-U DAN TYPE HELIKS PADA
PROTOTYPE TURBIN ANGIN SAVONIUS SEBAGAI PEMBANGKIT
LISTRIK ENERGI TERBAHARUI**

NAMA : IDRIS

NPM : 1307230174

PEMBIMBING I : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

PEMBIMBING II : Chandra A Siregar, S.T., M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	Sabtu 8/9 2018.	- Kegiatan pengantar akhir - Baca jurnal terkait	} Pt.
	Sabtu 15/9 2018.	- Perbaiki Bab I, Bab II - Selesaikan format tulisan	} Pt.
	Kamis 20/9 2018	- Lanjutkan ke Bab 3 - Konsultasi dengan pembimbing 2.	} Pt.
	Selasa 26/9 2018	- Perbaiki Bab 3 - lanjut ke Bab 4	} Pt.
	7/8 2019.	Perbaiki lagi Bab 3 dan Bab 4	} Pt.
	28/8 2019	perbaiki bab 4 perbaiki Bab 5	} Pt.
	27/9 2019	: persiapan Seminar. Perbaiki format Ade seminar	Pt. ↑ ↑

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : IDRIS
NPM : 1307230174
Tempat/Tanggal Lahir : Lab. Deli, 02 Maret 1993
Agama : Islam
Alamat : Jl. YP. Hijau Gg. Cempaka LK VIII
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Anak Ke : 5 Dari 10 Saudara
No. Hp : 082297882226
Telp : -
Status Perkawinan : Belum Menikah
Email : idris_st@yahoo.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Alm. Amran
 Ibu : Nurjannah

PENDIDIKAN FORMAL

1999 – 2005 : SD Negeri 067264 – Medan
2005 – 2008 : SMP YASPI – Labuhan Deli
2008 – 2011 : SMK YP. Sinar Husni – Helvetia
2013 – 2020 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA UTARA