

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN RODA GIGI DAN PULI SEBAGAI PEMINDAH DAYA DAN PUTARAN PADA PROTOTYPE TURBIN ANGIN SAVONIUS SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBAHARUI (studi kasus)

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

DICKY ANDRIAN ADINATA
1307230095



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini di ajukan oleh :

Nama lengkap : Dicky Andrian Adinata
NPM : 1307230095
Progarm Studi : Teknik mesin
Judul skripsi : Pembuatan Roda Gigi Dan Pulley Sebagai Pemindah
Daya Dan Putaran Pada Prototype Turbin Angin Savonius
Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaharui
Bidang ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

Telah berhasil di pertahankan di hadapan tim penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik mesin, fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 Agustus 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen penguji I

H. Muharnif S.T.,M.Sc

Dosen penguji II

Beki Suroso S.T.,M.Eng

Dosen penguji III

Ahmad Marabdi Siregar S.T.,M.T

Dosen penguji IV

Chandra A Siregar S.T.,M.T

Program studi teknik mesin.

Ketua,

Afandi S.T.,M.T

SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : DICKY ANDRIAN ADINATA
Tempat /Tanggal Lahir : Binjai/25 Desember 1995
NPM : 1307230095
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

"PEMBUATAN RODA GIGI DAN PULLEY SEBAGAI PEMINDAH DAYA DAN PUTARAN PADA PROTOTYPE TURBIN ANGIN SAVONIUS SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBAHARU".

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik. Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

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

Medan, 14 September 2019



Saya yang menyatakan,

DICKY ANDRIAN ADINATA

ABSTRAK

Roda gigi di gunakan menstransmisikan daya sebesar dan putaran yang tepat. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya di lakukan oleh gigi gigi yang saling berkait. Roda gigi sering di gunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yag lebih bervariasi dan lebih kompak ari pada menggunakan alat trannsmisi yag lainnya, selain itu roda gigi memiliki beberapa kelebihan jika di bandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu sistem transmisi lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar. Pulley adalah roda dan poros atau poros yang di rancang untuk mendukung gerakan dan perubahan arah dari kabel atau sabuk yang di kencang, atau transfer daya antara poros dan kabel sabuk. Dalam kasus pulley yang di dukung oleh bingkai atau shell yang tidak menstransfer daya ke poros, tetapi di gunakan untuk memandu kabel atau mengarahkan kekuatan, shell pendukung di sebut blok, dan pulley dapat di sebut sheave. Pembuatan benda kerja di buat dengan menggunakan bahan yang terbuat dari thermoplastik dengan diameter benda kerja sebesar 100 mm, lebar benda kerja sebesar 15 mm, dengan tinggi benda kerja sebesar 8 mm dan kedalaman pemotongan dengan dalam 3 mm. Maka dengan besar benda kerja yang telah di tentukan dapat dia ambil data dari pengujian benda kerja tersebut dengan menggunakan sudu type – U dan type helix sebagai media untuk pengambilan data berupa daya dan putaran melalui wind tunnel yang ada di laboratorium ”Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara” dengan kecepatan yang telah di tetapkan sebesar 4 dan 5 m/s.

Kata kunci : Turbinanginsavonius, Rodagigi, Puli

ABSTRACT

The gear is used to transmit the right amount of power and rotation. The gears have gears around them, so the transmission of power is carried out by the teeth of the teeth that are interlocked. The gears are often used because it can continue the rotation and power which is more varied and more compact than using other transmission tools, besides that the gear has several advantages when compared with other transmission devices, namely a shorter transmission system, higher rotation and big power. Pulleys are wheels and shafts or shafts designed to support movement and change the direction of a tightened cable or belt, or transfer of power between a shaft and a belt cable. In the case of pulleys supported by a frame or shell that does not transfer power to the shaft, but are used to guide cables or direct power, the supporting shell is called a block, and the pulley can be called a sheave. Workpieces are made using thermoplastic material with a workpiece diameter of 100 mm, workpiece width of 15 mm, workpiece height of 8 mm and cutting depth of 3 mm. So with the specified workpiece he can retrieve data from the workpiece test using U-type blade and helix type as a medium for data retrieval in the form of power and rotation through the wind tunnel in the laboratory "Muhammadiyah University of North Sumatra" with speed that has been set at 4 and 5 m / s.

Keywords: Savonius Wind Turbines, Gears, Pulley

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 Roda Gigi Dan Pulley Sebagai Pemindah Dayadan Putaran Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi 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 Bekti Suroso S.T.,M.Eng selaku Dosen pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. 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.
8. Orang tua penulis: Bapak Sugito dan Ibu Sriwati, yang telah memberikan semangat dan kasih sayang yang tiada henti-hentinya dan selalu berdoa kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-Sahabat penulis: Riki Andrean, S.T. Febry Ramadhan, S.T, serta pasukan bodrex, Kurniawan Saputra, Muhammad Supandi Solin, Zia Juanda , sandi yoga sahaf, riki juliansyah 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 kontruksi teknik mesin.

Medan, 14 September 2019

DICKY ANDRIAN ADINATA

DAFTAR ISI

LEMBAR PEGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	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 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Ruang lingkup	3
1.4 Tujuan penelitian	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Turbin angin	5
2.2 Jenis jenis turbin angin savonius	7
2.3 Komponen utama sistem transmisi pada turbin angin savonius	8
2.3.1 Roda gigi	8
2.3.2 Pulley	13
2.3.3 Belt	14
2.3.4 Alternator	18
2.4 Bahan yang digunakan	19
2.4.1 Plastik	19
2.4.2 Jenisjenis plastic	19
2.4.3 sifatpolimerkonduktif	20
2.5 Sistem kerja turbin angin savonius	20
2.6 Daya total	21
BAB 3 METODE DAN PENELITIAN	
3.1 Tempat dan waktu	25
3.1.1 Tempat	25
3.1.2 Waktu	25
3.2 Alat dan bahan penelitian	25
3.3 Bahan yang di gunakan	26
3.4 Alat yang di gunakan untuk pengujian	27
3.5 Bagan alir penelitian	34

3.6 Rancangan bahan penelitian	35
3.7 Prosedur pembuatan penelitian	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pembuatan roda gigi	36
4.1.1 Perencanaan pembuatan roda gigi	36
4.1.2 Material yang di gunakan	37
4.1.3 Pembuatan spesimen	37
4.1.4 Hasil pembuatan	40
4.2 Pembuatan pulley	40
4.2.1 Perencanaan pembuatan pulley	41
4.2.2 Material yang di gunakan	42
4.2.3 Pembuatan spesimen	42
4.2.4 Hasil pembuatan	45
4.3 Pengujian benda kerja	45
4.4 Pengolahan data	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
LEMBAR ASITENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 faktor dinamis (f_v) yang di gunakan	13
Tabel 3.1 timeline kegiatan	25
Tabel 3.2 contoh pengambilan data dengan kecepatan 4 m/s	35
Tabel 3.3 contoh pengambilan data dengan kecepatan 5 m/s	35
Tabel 4.1 pembagian kepala pembagi	37
Tabel 4.2 diameter pulley	41
Tabel 4.3 hasil rata rata putaran dari percobaan roda gigi	49
Tabel 4.4 hasil rata rata arus listrik dari percobaan roda gigi	49
Tabel 4.5 hasil rata rata putaran dari percobaan pulley belt	50
Tabel 4.6 Hasil percobaan arus listrik dari putaran pulley belt	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konstruksi turbin angin	5
Gambar 2.2 Turbin angin sumbu gerak	7
Gambar 2.3 Rotor type – U dan Helix	7
Gambar 2.4 Bentuk dorongan angin memutar rotot turbin	7
Gambar 2.5 Rotor savonius berbentuk Helix	8
Gambar 2.6 Roda gigi	9
Gambar 2.7 Bagian bagian roda gigi	11
Gambar 2.8 Pulley	14
Gambar 2.9 Macam macam belt	15
Gambar 2.10 Perencanaan pembuatan	17
Gambar 2.11 Perencanaan pembuatan	18
Gambar 2.12 Alternator	19
Gambar 2.13 Konsep turbin savonius	21
Gambar 2.14 Skema sistem kerja turbin angin savonius	21
Gambar 3.1 Thermoplastik	26
Gambar 3.2 Karet penghubung	27
Gambar 3.3 Baut pengikat	27
Gambar 3.4 Alat ukur	28
Gambar 3.5 Wind tunel	28
Gambar 3.6 Multitester	29
Gambar 3.7 Anemometer	31
Gambar 3.8 Tachometer	32
Gambar 3.9 Bagan alir penelitian	34
Gambar 4.1 Gambar teknik roda gigi	36
Gambar 4.2 Material thermoplastik	37
Gambar 4.3 Peralatan yang di butuhkan	38
Gambar 4.4 Proses pembubutan roda gigi	38
Gambar 4.5 memutar mejapiring pembagi	39
Gambar 4.6 Proses pengefraisan	40
Gambar 4.7 Hasil pembuatan roda gigi	40
Gambar 4.8 Gambar teknik pulley	41
Gambar 4.9 Material thermoplastik	42
Gambar 4.10 Peralatan yang di butuhkan	43
Gambar 4.11 Proses pembuatan pulley	43
Gambar 4.12 Pembubutan bendakerja	44
Gambar 4.13 Pembubutan alur belt	44
Gambar 4.14 Hasil pembubutan pulley	45
Gambar 4.15 Wind tunel pengujian	45
Gambar 4.16 Menyiapkan benda kerja	46
Gambar 4.17 Merakit benda kerja roda gigi	46
Gambar 4.18 Merakit benda kerja roda gigi dengan menggunakan sudu	

type helix	47
Gambar 4.19 Merakit benda kerja pulley dengan sudu type – U	47
Gambar 4.20 Perakitan benda kerja pulley dengan menggunakan sudu type helix	48
Gambar 4.21 Pengujian benda kerja	48
Gambar 4.22 Grafik putaran roda gigi dengan kecepatan 4 dan 5 m/s	49
Gambar 4.23 Grafik arus listrik roda gigi dengan kecepatan 4 dan 5 m/s	50
Gambar 4.24 Grafik putaran pulley belt dengan kecepatan 4 dan 5 m/s	51
Gambar 4.25 Grafik arus listrik pulley belt dengan kecepatan 4 dan 5 m/s	52

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
P	daya rencana	Kw
N	rencana putaran	rpm
I	perbandingan gigi	mm
Z	jumlah gigi	mm
d	diameter lingkaran	mm
α_0	jarak sumbu	mm
dx	diameter kepala	mm
ck	kelonggaran puncak	mm
df	diameter kaki	mm
h	kedalaman pemotongan	mm
v	keliling kecepatan	m/s
ft	gaya tagensial	kg
fv	faktor dinamis	m/s
L	panjang sabuk	mm
T	torsi	N/m
V	tegangan generator	volt

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tingginya kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat dari waktu ke waktu, pada kenyataannya menjadi salah satu masalah besar ketika cadangan sumber energi konvensional (energi fosil) semakin terbatas dan kita harus mengurangi tingkat polusi. Oleh karena itu, kebutuhan mengembangkan energi yang dapat diperbaharui telah menjadi tuntutan utama jaman ini. Salah satu sumber energi tersebut adalah angin.

Angin yang merupakan gerakan udara dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Oleh karena itu, kincir atau turbin angin sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). (Soelaiman et.al: 2007).

Turbin angin dengan konstruksi sederhana adalah temuan sarjana Finlandia bernama S. Savonius (1924). Turbin ini termasuk jenis turbin angin dengan sumbu vertikal, dengan rotor yang tersusun dari dua buah sudu setengah silinder. Konsep turbin angin savonius ini cukup sederhana dan praktis tidak terpengaruh oleh arah angin dan dapat dioperasikan pada daerah pantai seperti halnya kota belawan yang merupakan salah satu kota yang terletak dekat dengan pantai. Melihat dari latar belakang ini maka penulis mencoba meneliti karakteristik daya turbin angin savonius terhadap pengaruh variasi roda gigi dan puli sebagai pemindah daya dan putaran pada turbin angin savonius, dengan jumlah susunan sudu turbin angin savonius yang telah ditentukan. Dengan memanfaatkan variasi roda gigi dan puli sebagai pemindah daya dan putaran pada turbin angin savonius dapat diketahui untuk menentukan kondisi yang optimal sebagai energi alternatif pembangkit tenaga listrik yang terbaharui.

Transmisi roda gigi analog dengan transmisi sabuk dan puli. Keuntungan transmisi roda gigi terhadap sabuk dan puli adalah keberadaan gigi yang mampu mencegah slip, dan daya yang ditransmisikan lebih besar. Namun, roda gigi tidak bisa mentransmisikan daya sejauh yang bisa dilakukan sistem transmisi roda dan puli kecuali ada banyak roda gigi yang terlibat di dalamnya.

Ketika dua roda gigi dengan jumlah gigi yang tidak sama dikombinasikan, keuntungan mekanis bisa didapatkan, baik itu kecepatan putar maupun torsi, yang bisa dihitung dengan persamaan yang sederhana. Roda gigi dengan jumlah gigi yang lebih besar berperan dalam mengurangi kecepatan putar namun meningkatkan torsi.

Rasio kecepatan yang teliti berdasarkan jumlah giginya merupakan keistimewaan dari roda gigi yang mengalahkan mekanisme transmisi yang lain (misal sabuk dan puli).

Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin yang disebabkan oleh angin diteruskan ke rotor generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator. 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 torsinya, namun putaran yang dihasilkan turbin semakin kecil, (Dewi,2010).

Putaran rotor helical savonius lebih tinggi dari pada rotor savonius. Daya yang dihasilkan oleh rotor helical savonius juga lebih baik dibandingkan rotor savonius. Semakin besar kecepatan angin akan semakin besar selisih kinerja daya antara rotor helical savonius dengan savonius, (Alexin, M. 2011). Oleh karenanya diperlukan kajian sumber-sumber energi alternatif, salah satunya adalah energi angin. Dan terus mengembangkan dan menerapkan ilmu yang telah diperoleh, khususnya mengenai perancangan mekanis, dan konversi energi. Serta merancang dua tipe spesimen puli dan roda gigi sebagai pemindah daya dan putaran yang akan memberikan manfaat sebagai alat dan objek studi eksperimen. Perancangan dan pembuatan roda gigi dan

puli sebagai sistem pemindah daya dan putaran , namun kedua sudu rotor memiliki tinggi yang sama.

Kemudian untuk memastikan desing and manufacture of prototypes turbin angin savonius sumbu vertikal ini berfungsi, maka akan dilakukan pengujian awal pada wind tunnel dengan menggunakan alat Anemometer untuk mengukur kecepatan angin dan alat ukur multimeter untuk mengukur arus dan tegangan listrik.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Untuk mengetahui metode pembuatan spesimen ini dengan ukuran, berat dan bahan yang sama.
2. Mengevaluasi kekurangan dan kelebihan yang lebih efektif pada roda gigi dan puli sebagai alat pemindah daya dan putaran pada turbin angin savonius.
3. Menganalisa daya listrik yang di hasilkan dari roda gigi dan puli melalui tahap pengujian dengan menggunakan wind tunnel yang ada di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.3 Ruang lingkup.

Adapun ruang lingkup penelitian agar tidak menyimpang dari tujuan pembuatan yang akan di harapkan, penulis perlu membatasi masalah yang akan dihitung dalam pembuatan roda gigi dan puli.

Batasan-batasannya adalah:

1. Bahan yang di uji hanya untuk puli dan roda gigi dengan berat, diameter, dan bahan yang sama.
2. Pembuatan ini di lakukan sebagai aplikasi sarana alternatif untuk mengetahui pembuatan turbin angin savonius dalam skala yang kecil(prototype).
3. Pengujian roda gigi ini menggunakan wind tunnel yang ada di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian ini di lakukan adalah sebagai berikut;

1. Untuk membuat roda gigi dan puli sebagai pemindah daya dan putaran pada turbin angin savonius.
2. Untuk menganalisa daya yang dihasilkan dari putaran roda gigi dan puli sebagai pemindah daya dan putaran.
3. Untuk mengevaluasi perbandingan roda gigi dan puli yang lebih efektif sebagai pemindah daya dan putaran.

1.5 Manfaat

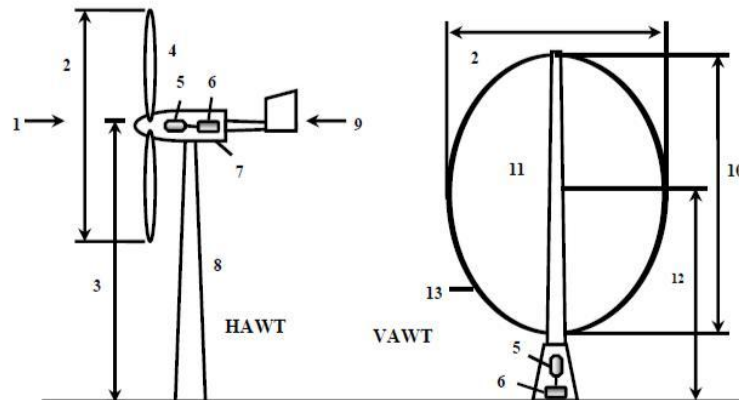
Dengan di lakukannya penelitian ini, manfaat yang dapat di harapkan adalah :

1. Sebagai wujud kontribusi dalam pembuatan roda gigi dan puli untuk menciptakan sistem pemindah daya dan putaran pada pembangkit listrik energi terbarui yang efisien.
2. Sebagai sarana pengaplikasian kreatifitas dari ilmu yang di dapatkan selama di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

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*

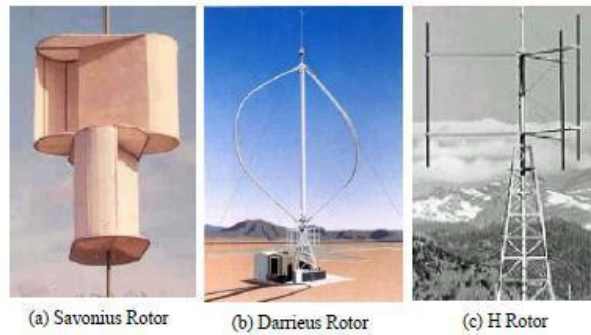
Pemanfaatan energi angin telah dilakukan sejak lama. Pertama kali digunakan untuk menggerakkan perahu di sungai Nil sekitar 5000 SM. Penggunaan kincir sederhana telah dimulai sejak permulaan abad ke-7 dan tersebar diberbagai negara seperti Persia, Mesir, dan Cina dengan berbagai desain. Di Eropa, kincir 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 windturbine*) 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

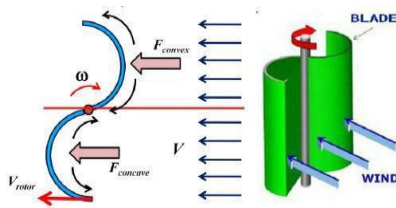
2.2 Jenis Turbin Angin savonius

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 Helix

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



Gambar 2.4 Bentuk dorongan angin memutar rotor turbin

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



Gambar 2.5 Rotor Savonius berbentuk heliks

Rotor Savonius tipe ini pertama kali dikenalkan tahun 2006 oleh suatu perusahaan bernama “*Helix 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 Sistem Transmisi Pada Turbin Angin Savonius

2.3.1 Roda Gigi

Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. Roda gigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada

menggunakan alat transmisi yang lainnya, selain itu roda gigi juga memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu :

- Sistem transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
- Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana.
- Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
- Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.
- Kecepatan transmisi rodagigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar.

Roda gigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Di samping itu terdapat pula roda gigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi. Ada pula roda gigi dengan putaran yang terputus-putus. Dalam teori, roda gigi pada umumnya dianggap sebagai benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk dalam jangka waktu lama.



Gambar 2.6 roda gigi

A. Jenis jenis roda gigi

1. Roda Gigi Lurus (Spur Gear)

Roda Gigi Lurus merupakan roda gigi yang paling sederhana. Terdiri dari silinder atau piringan dengan gigi-gigi yang terbentuk secara radial/berporos. Ujung dari gigi-gigi tersebut berbentuk lurus dan tersusun paralel terhadap aksis rotasi. Roda gigi ini hanya dapat dihubungkan secara paralel. Contoh spur ini terdapat di gear box pada mesin.

2. Roda Gigi Luar dan Roda Gigi Dalam (Internal and External Gear).

Merupakan roda gigi yang gigi-giginya terletak dibagian dalam silinder roda gigi. Berbeda dengan roda gigi eksternal yang memiliki gigi-gigi di luar silindernya, roda gigi internal tidak akan mengubah arah putarannya. Contoh penerapan roda gigi dalam adalah terdapat di lift.

3. Roda Gigi Heliks (Helical Gear)

Roda gigi heliks adalah roda gigi yang diciptakan untuk menyempurnakan spur gear. Bentuk ujung dari gigi-giginya tidak paralel terhadap aksis rotasi, melainkan miring pada derajat tertentu. Karena bagian giginya bersudut, maka roda gigi ini terlihat seperti helix.

4. Roda Gigi Heliks Ganda (double helical gear / Herringbone Gear).

Roda gigi heliks ganda atau roda gigi herringbone muncul karena masalah dorongan aksial (axial thrust) dari roda gigi heliks tunggal. Double helical gear mempunyai dua pasang gigi yang berbentuk V sehingga terlihat seperti dua roda gigi heliks yang disatukan. Hal ini akan membentuk dorongan aksial saling meniadakan. Roda gigi heliks ganda memiliki kerumitan bentuk yang lebih sulit dari roda gigi lainnya

B. Klasifikasi Roda Gigi

Menurut letak poros, arah putaran dan bentuk jalur gigi, roda gigi diklasifikasikan menjadi tiga yaitu:

1. Roda Gigi Dengan Poros Sejajar Adalah roda gigi di mana giginya berjajar pada dua bidang silinder (jarak bagi lingkaran), kedua bidang tersebut bersinggungan dan yang satu menggelinding pada yang lain dengan sumbu yang tetap sejajar.
2. Roda Gigi Dengan Sumbu Berpotongan Bentuk dasarnya adalah dua buah kerucut dengan puncak gabungan yang saling menyinggung menuru sebuah garis lurus.
3. Roda Gigi Poros Bersilang Bentuk dasarnya ialah dua buah silinder atau kerucut yang letak porosnya saling bersilangan satu sama lain.

C. Nama – Nama Bagian Roda Gigi.

Nama – nama bagian roda gigi dapat dilihat pada Gambar di bawah ini, sedangkan ukuran gigi dinyatakan dengan “ Jarak Bagi Lingkar “, jarak sepanjang lingkaran jarak bagi antara profil dua gigi yang berdekatan.

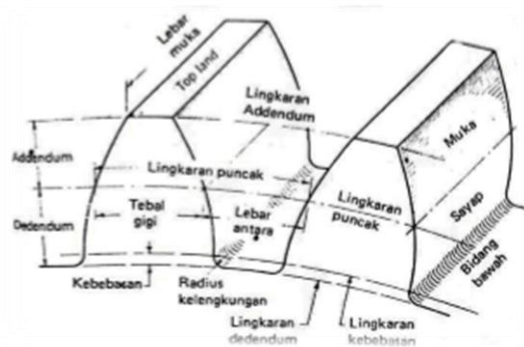
Jika jarak lingkaran bagi dinyatakan dengan d (mm), dan jumlah gigi z , maka jarak bagi lingkaran t (mm) dapat ditulis sebagai berikut :

$$t = \pi \cdot d / z \quad (2.1)$$

Jadi, jarak bagi lingkaran adalah keliling lingkaran jarak bagi dibagi dengan jumlah gigi.

Dengan demikian ukuran gigi dapat ditentukan dari besarnya jarak bagi lingkaran tersebut. Namun, karena jarak bagi lingkaran selalu mengandung faktor π , pemakaiannya sebagai ukuran gigi kurang praktis. Untuk mengatasi hal ini, diambil ukuran yang di sebut “modul“ dengan lambang m , di mana :

$$m = d / z \quad (2.2)$$



Gambar 2.7 Bagian bagian roda gigi

Dengan cara ini, maka dapat ditentukan sebagai bilangan bulat atau bilangan pecahan yang lebih praktis. Maka modul dapat menjadi ukuran gigi. Rumus yang digunakan untuk perhitungan roda gigi yaitu :

- Perbandingan putaran transmisi (s speed ratio), dinyatakan dalam notasi: i
 Speed ratio : $i = n_1 / n_2 = d_2 / d_1 = z_2 / z_1 \quad (2.3)$

Apabila: $i < 1$ = transmisi roda gigi inkripsi

$i > 1$ = transmisi roda gigi reduksi

➤ Jumlah roda gigi

$$Z = m D \quad (2.4)$$

Di mana :

Z = Jumlah gigi pada roda gigi (buah).

D = Diameter jarak bagi (mm).

m = Modul gigi (mm).

➤ Diameter lingkaran kepala

$$D_k = (Z+2) \times m \quad (2.6)$$

Di mana :

D_k = Diameter lingkaran kepala (mm).

➤ Diameter lingkaran kaki

$$D_g = Z \times m \times \cos \alpha \quad (2.7)$$

Di mana :

D_g = Diameter lingkaran kaki (mm).

α = Sudut tekan (Derajat).

➤ Kecepatan keliling

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{60 \times 1000} \quad (2.8)$$

Di mana :

V = Kecepatan keliling untuk tiap roda gigi (m/s).

D = Diameter jarak bagi untuk tiap roda gigi (mm).

N = Putaran poros (rpm).

➤ Gaya tangensial

$$F_t = \frac{102 \times P_d}{v} \quad (2.9)$$

Di mana :

F_t = Gaya tangensial (kg).

P_d = daya rencana (kW).

Setelah itu kita dapat melakukan perhitungan beban lentur, dalam perhitungan beban lentur ini perlu diketahui faktor bentuk gigi (Y) yang diperoleh dari tabel faktor bentuk gigi (Sularso, 1983) yang merupakan harga untuk profil gigi standar.

➤ Beban lentur

$$F_b = \sigma \alpha \times m \times Y \times F_v \quad (2.10)$$

Di mana :

F_b = Beban lentur (kg/mm).

$\sigma \alpha$ = Tegangan lentur yang diizinkan (kg/mm²).

Y = Faktor bentuk gigi.

F_v = Faktor dinamis.

Sedangkan harga faktor dinamis diambil dari tabel faktor dinamis (Sularso, 1983), di mana harganya ditentukan berdasarkan tingkat kecepatan pada tiap roda gigi, di mana untuk kecepatan rendah dapat menggunakan rumus.

Tabel 2.1 faktor dinamis (f_v) yang digunakan

Kecepatan Rendah	$v = 0,5 - 10 \text{ m/s}$	$f_v = \frac{3}{3 + v}$
Kecepatan Sedang	$v = 5 - 20 \text{ m/s}$	$f_v = \frac{6}{6 + v}$
Kecepatan Tinggi	$v = 20 - 50 \text{ m/s}$	$f_v = \frac{5,5}{5,5 + \sqrt{v}}$

➤ Lebar gigi

$$b = F_b / F_t \quad (2.11)$$

Di mana :

b = Lebar gigi (mm).

F_t = Gaya tangensial (kg).

F_b = Beban lentur (kg/mm).

Dan untuk mencari diameter lingkaran jarak bagi yang sebenarnya adalah :

$$D = Z \times m \quad (2.12)$$

2.3.2 Pulley

Pulley adalah roda pada poros atau poros yang dirancang untuk mendukung gerakan dan perubahan arah dari kabel atau sabuk yang kencang, atau transfer daya antara poros dan kabel atau sabuk. Dalam kasus pulley yang didukung oleh bingkai atau shell yang tidak mentransfer daya ke poros, tetapi digunakan untuk memandu kabel atau mengerahkan kekuatan, shell pendukung disebut blok, dan pulley dapat disebut sheave.

Pulley mungkin memiliki alur atau alur antara flens di sekitar kelilingnya untuk menemukan kabel atau sabuk. Elemen penggerak dari sistem pulley bisa berupa tali, kabel, ikat pinggang, atau rantai. Hero of Alexandria mengidentifikasi pulley sebagai salah satu dari enam mesin sederhana yang digunakan untuk mengangkat beban. Katrol dirakit untuk membentuk blok dan mengatasi untuk memberikan keuntungan mekanis untuk menerapkan kekuatan besar. Pulley juga dirangkai sebagai bagian dari penggerak sabuk dan rantai untuk mentransmisikan daya dari satu poros berputar ke lainnya.



Gambar 2.8 Pulley

2.3.3 Belt

Sabuk (Belt) adalah suatu elemen mesin yang terbuat dari bahan fleksibel yang dapat digunakan dengan mudah untuk mentransmisikan torsi dan gerakan berputar dari suatu komponen ke komponen lainnya, dimana belt tersebut dililitkan dengan puli yang melekat pada poros yang akan berputar.

Sabuk atau yang sering disebut Belt merupakan suatu komponen Mesin Yang Termasuk Vital, dimana belt ini nantinya akan meneruskan sebuah gaya yang diterima dari puli untuk kemudian diteruskan pada gaya gerak mekanik. Dan apabila sebuah sabuk atau belt mempunyai kualitas yang jelek dan tidak sesuai standar maka umur kerja dari sebuah belt atau sabuk akan relatif pendek.

(Ahmad Zaenuri, 2010)

Sabuk berfungsi untuk memindahkan tenaga melalui kontak antara belt dengan puli yang digerakkan, kemampuan belt untuk memindahkan tenaga tergantung pada faktor-faktor berikut:

- Tegangan Belt Terhadap Puli
- Gesekan antara Puli dan Belt
- Sudut Kontak antara Puli dan Belt

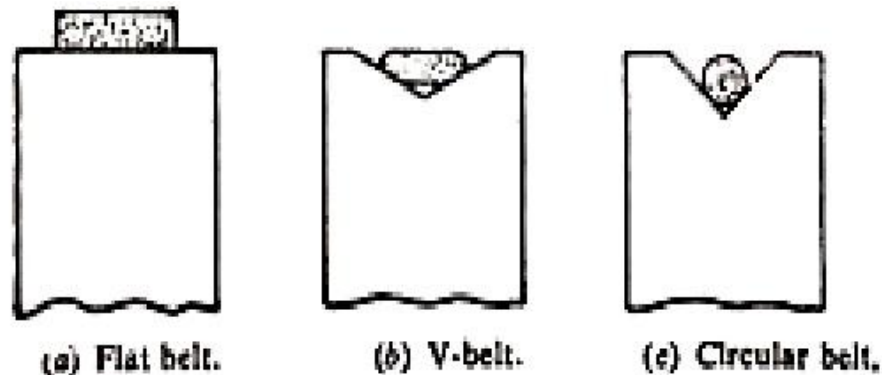
Kecepatan Belt Dan harus diperhatikan, untuk sabuk datar jarak maksimum antar poros tidak boleh lebih dari 10 meter dan jarak minimumnya tidak boleh kurang dari 3-5 kali diameter puli terbesar. (mumu komaro,2008)

1. Macam-Macam Sabuk

Sabuk disebut juga ban mesin (Belt) dibagi menjadi 3 macam yaitu:

- Belt Datar atau Rata (Flat Belt)
Belt jenis ini biasanya terbuat dari Leather Rubberized Fabric dan Cord. Flat Belt jarang digunakan karena membutuhkan puli yang lebih besar, tempat yang luas dan kurang fleksibel. Jenis belt ini umumnya digunakan di industri dengan daya yang cukup besar dan jarak antar puli pun biasanya sampai 10 m (R.S. khurmi & J.K. Gupta, 2005).
- Belt Bentuk V (V-Belt) Banyak digunakan untuk memindahkan beban antar puli yang berjarak pendek. (R.S. khurmi & J.K. Gupta, 2005).Gaya jepit yang ditimbulkan oleh bentuk alur V mempengaruhi gaya tarik atau load yang lebih besar sehingga menghasilkan gaya jepit belt yang kuat. Efisiensi jenis belt ini mampu mencapai 45%.
- Belt Bentuk Bundar (Circular Belt) Jenis belt ini paling jarang digunakan, biasanya dipakai untuk mentransmisikan daya yang kecil,

dan jarak antar puli sampai 5 meter. Batas maksimum kecepatan sabuk gilir (bentuk bundar) kurang lebih 35 m/s dan daya yang dapat ditransmisikan adalah sampai 60 Kw.(R.S. khurmi & J.K. Gupta, 2005)



Gambar 2.9 Macam macam bentuk belt

V-Belt adalah sabuk atau belt yang terbuat dari bahan karet dan mempunyai penampang berbentuk Trapesium, tenunan teteron dan semacamnya yang terdapat di dalam konstruksi belt digunakan sebagai inti sabuk untuk membawa atau menyalurkan tarikan yang besar. Sabuk V dibelitkan pada alur puli yang berbentuk V pula, bagian sabuk yang membelit akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Hal ini merupakan salah satu keunggulan dari sabuk V jika dibandingkan dengan sabuk rata (flat belt). (Sularso & Kiyokatsu Suga 1979).

Berikut Kelebihan Transmisi Belt jika dibandingkan Dengan Jenis Transmisi Lain (Rantai dan Roda Gigi) antara lain: (R.S. khurmi & J.K. Gupta, 2005).

- Harganya murah
- Perawatan mudah
- Tidak berisik

Dengan beberapa kelebihan tersebut, V-Belt lebih banyak digunakan untuk mentransmisikan daya yang tidak terlalu besar (± 500 Kw). Dan ini sering kita jumpai dalam mesin-mesin industri rumah tangga.

Selain mempunyai kelebihan, transmisi Belt juga mempunyai Kekurangan jika dibandingkan dengan transmisi rantai dan roda gigi, diantaranya:

(R.S. khurmi & J.K. Gupta, 2005)

- Umurnya Pendek (Mudah Aus)
- Sering terjadi Sliding
- Efisiensi Rendah
- Kapasitas Daya Kecil Tidak bisa mentransmisikan daya yang jarak antar poros puli lebih dari 10 m (daya yang ditransmisikan akan lebih kecil sehingga tidak efisien).

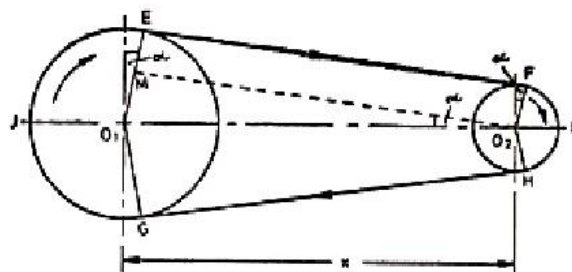
2. Rangkaian Sabuk Dan Puli

Puli Belt merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya seperti halnya sproket rantai dan roda gigi. Bentuk puli adalah bulat dengan ketebalan tertentu, di tengah-tengah puli terdapat lubang poros. Puli pada umumnya dibuat dari besi cor kelabu FC 20 atau FC 30, dan ada juga yang terbuat dari baja.

Secara umum rangkaian sabuk dan puli dapat digolongkan menjadi:

- Sabuk Terbuka
- Sabuk Silang
- Sabuk Seperempat Putaran
- Sabuk Dengan Puli Pengencang
- Sabuk Kompon
- Sabuk Bertingkat
- Sabuk Dengan Puli Pelepas

3. Perencanaan pembuatan



Gambar 2.10 Perencanaan pembuatan

Keterangan :

- X = jarak antar poros(mm)
- r1,r2 = jari – jari puli 1 dan 2(mm)
- α = sudut kemiringan($^{\circ}$)
- θ = sudut kontak(rad)

Panjang belt keseluruhan :

$$L = \left[\pi(r_2 + r_1) + 2x \frac{(r_1 - r_2)}{x} \right] \quad (2.13)$$

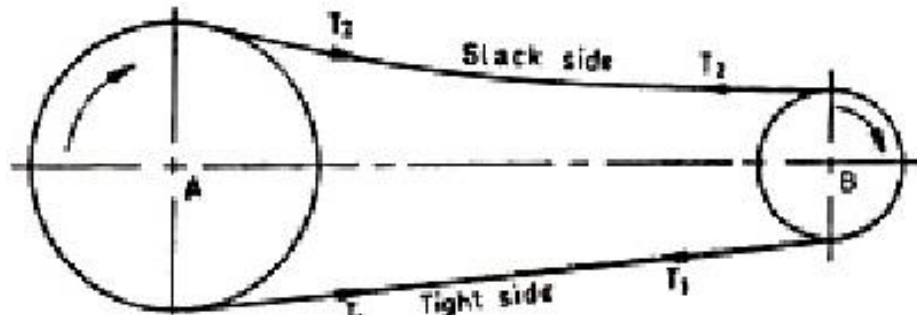
Kecepatan linier sabuk :

$$V = \frac{\pi d N}{60} \quad (2.14)$$

Sudut kemiringan ($\sin \alpha$) :

$$\sin \alpha = \frac{r_1 - r_2}{x} \quad (2.15)$$

$$\text{sudut kontak} = \frac{(180 - 2\alpha)\pi}{180} \quad (2.16)$$



Gambar 2.11 Perencanaan pembuatan

Keterangan :

- T1 = tegangan sisi kancang(kg)
- T2 = tegangan sisi kendur(kg)
- V = kecepatan sabuk(m/s)

Daya yang di transmisikan :

$$P = \frac{(T_1 - T_2)V}{75} \quad (2.17)$$

Rasio tegangan :

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \quad (2.18)$$

Luas penampang sabuk :

$$A = t \times \frac{a+b}{2} \quad (2.19)$$

Tegangan tarik sabuk :

$$F = \frac{T_1}{a} \quad (2.20)$$

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 2.12 alternator

2.4 Bahan yang di gunakan

Plastik dapat dikategorisasikan dengan banyak cara tetapi paling umum dengan melihat tulang-belakang polimernya (vinyl{chloride}, polyethylene, acrylic, silicone, urethane, dll.). Klasifikasi lainnya juga umum.

2.4.1 Plastik

Plastik adalah polimer; rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik yang umum

terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang di tulang belakang. (beberapa minat komersial juga berdasar silikon). Tulang-belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan.

2.4.2 Jenis jenis plastik

Plastik dapat digolongkan berdasarkan:

- Sifat fisiknya
 - *Termoplastik*. Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC)
 - *Termoset*. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida
- Kinerja dan penggunaannya
 1. tahan panas, temperatur operasi di atas 100 °C
 2. Sifat mekanik bagus
 3. Contohnya: PA, POM, PC, PBT
 4. Aplikasi: komponen otomotif dan elektronik

2.4.3 Sifat polimer konduktif

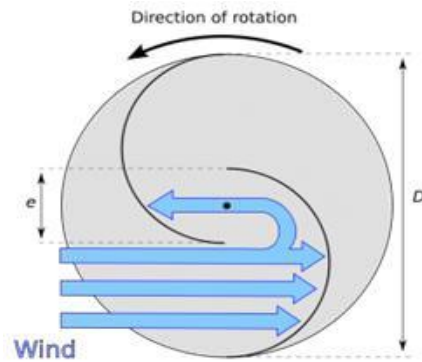
Polimer semikonduktif dan konduktif adalah polimer terkonjugasi yang menunjukkan perubahan ikatan tunggal dan ganda antara atom-atom karbon pada rantai utama polimer. Ikatan ganda diperoleh dari karbon yang memiliki empat elektron valensi, namun pada molekul terkonjugasi hanya memiliki tiga (kadang-kadang dua) atom lain. Elektron yang tersisa membentuk ikatan π , elektron yang terdelokalisasi pada seluruh molekul. Suatu zat dapat bersifat polimer konduktif jika mempunyai ikatan rangkap yang terkonjugasi. Contoh dari polimer terkonjugasi

adalah plastik tradisional (*polyethylen*), sedangkan polimer konduktif antara lain: *polyacetilen*, *polpyrol*, *polytiopen*, *polyaniline* dan lain lain.

2.5 Sistem Kerja Turbin Angin Savonius

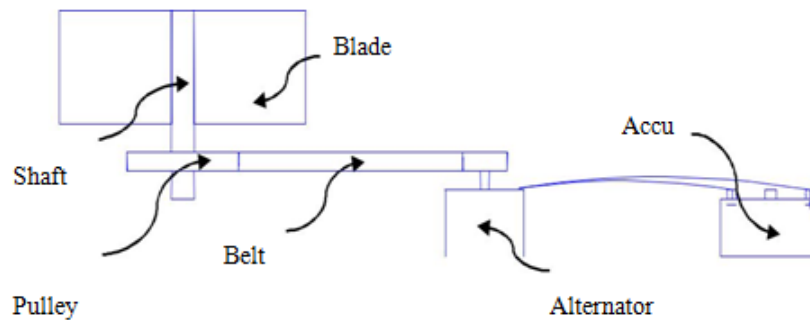
Dalam mengkonversikan energi kinetik angin hingga berubah menjadi energi listrik melalui suatu proses sistem kerja yang sangat berurutan antara komponen-komponen turbin satu sama lainnya. Pada sistem kerja turbin angin Savonius tipe-u dapat diterangkan sistem kerjanya yaitu energi hembusan angin menghasilkan 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 12volt agar kebutuhan energi listrik tidak terganggu



Gambar 2.13 Konsep Turbin Savonius

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 2.14 Skema Sistem Kerja Turbin Angin Savonius Tipe-U

2.6 Daya Total

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

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2 \tag{2.21}$$

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 :

$$F = qA \quad (2.22)$$

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 :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2.23)$$

Dimana :

D : diameter rotor

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

$$P_{\text{angin}} = FV \quad (2.24)$$

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.

$$P_{\text{rotor}} = C_p P_{\text{angin}} \quad (2.25)$$

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.

$$P_{generator} = VI \quad (2.26)$$

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:

$$BrakeHousePower = \frac{\text{daya generator}}{\text{efisienasi generator}} \quad (2.27)$$

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:

$$Torsi = \frac{\text{Daya generator}}{(2\pi\eta_{generator})/60} \quad (2.28)$$

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)

$$P_{total} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2.29)$$

Dimana:

ρ : Massa jenis angin = 1,2174 (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

$$P_{max} = \frac{8}{27 \times g_c} \rho A V^3 \quad (2.30)$$

BAB 3 METODELOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya pengujian data yang di ambil dari putaran roda gigi dan puli sebagai pemindah daya pada prototype turbin angin savonius di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Adapun waktu pelaksanaan penelitian pengujian data daya yang di lakukan dari pembuatan prototype turbin angin savonius ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1: Timeline Kegiatan

tan	018	019	019	019	019	2019
iteratur						
itgambarrancangan						
apkan alat dan bahan						
ukan pembuatan roda gigi dan puli						
ukan pengujian dengan menggunakan wind tunnel						
npulan data dan esaianskripsi						

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

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.

2. Mesin frais

Mesin frais digunakan untuk memotong, memahat dan meratakan bahan menjadi bentuk roda gigi dan puli untuk di gunakan pada sistem transmisi pemindah daya pada prototype turbin angin savonius.

3. Mesin bor

Mesin bor digunakan untuk membuat lubang pada benda kerja dengan ukuran yang telah di sesuaikan pada poros sudu dan pada poros yang ada di rotor.

3.3 Bahan yang di gunakan

1. Thermoplastik

Bahan yang di gunakan pada pembuatan sistem transmisi pada prototype turbin angin savonius adalah bahan yang terbuat dari thermoplastik, trlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 thermoplastik

Bahan ini di buat untuk membuat roda gigi lurus dan puli yang akan di gunakan sebagai sistem pemindah daya dan putaran pada turbin angin savonius.

2. Karet penghubung

Karet penghubung berfungsi untuk menghubungkan pulley besar dengan pulley supaya pulley tersebut dapat berputar, dapat di lihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 3.2 karet penghubung

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.

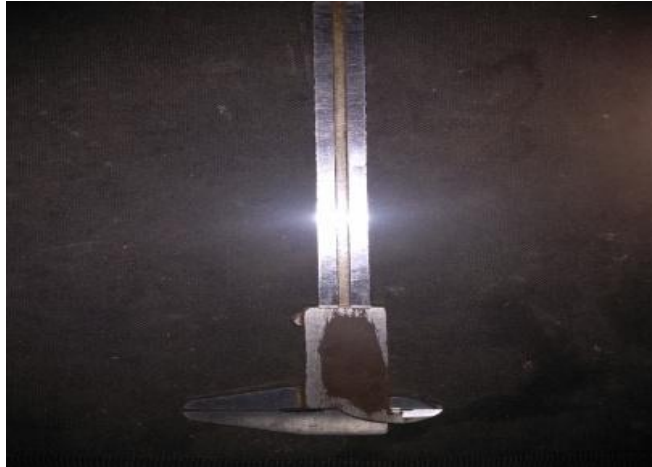


Gambar 3.3 baut pengikat

3.4 Alat yang di gunakan untuk pengujian

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

Jangka sorong mempunyai dua rahang yaitu rahang tetap dan rahang sorong. Rahang tetap dilengkapi dengan skala utama, sedangkan rahang sorong terdapat skala nonius atau skala vernier. Skala nonius mempunyai panjang 9 mm yang terbagi menjadi 10 skala dengan tingkat ketelitian 0,1 mm. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut.

- Rahang tetap berfungsi untuk mengukur panjang, diameter dalam dan luar, serta kedalaman dari suatu benda
- Rahang sorong berfungsi untuk menggeser dan mengapit benda yang diukur
- Skala nonius berfungsi untuk menunjukkan skala pengukuran dengan tingkat ketelitian 0,1mm.
- Pengunci berfungsi untuk merekatkan agar benda yang diukur tidak mudah lepas.
- Skala utama berfungsi untuk skala pengukuran benda.
- Batang ukur berfungsi untuk mengukur kedalaman suatu benda.

2. Wind tunnel

Wind tunnel 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. 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.

	400.0 kΩ	0.01	0.5 % + 2
	4.000 MΩ	kΩ	0.5 % + 2
	40.00 MΩ	0.1 kΩ	1.5% + 3
		0.001	
		MΩ	
		0.01	
		MΩ	
	F	0.1 nF	
	500.0 nF	0.001	2 % + 5
ansi ³	5.000 μF	μF	5 % + 5
	50.00 μF	0.01	5 % + 5
	500.0 μF	μF	5 % + 5
	1000 μF	0.1 μF	5 % + 5
		1 μF	
		0.1 Hz	
	Hz	0.001	
isi ⁴ Hz	500.0 Hz	kHz	
(10 Hz – 100 kHz)	5.000 kHz	0.01	rsedia
	50.00 kHz	kHz	
	100.0 kHz	0.1	
		kHz	
Kerja ⁴	hingga 99 %		rsedia
C			
(40 Hz hingga 200 Hz)	10.00 A	0.01 A	3
C			
	10.00 A	0.01 A	3

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

spesifikasi anemometer:

A. Air Velocity

Unit	Range	Resolution	Threshold	Accuracy
M/s	0-30	0.1	0.1	
Ft/min	0-5860	19	39	
Knots	0-55	0.2	0.1	±5%
Km/hr	0-90	0.3	0.3	
Mph	0-65	0.2	0.2	

B. Temperature

Unit	Range	Resolution	Accuracy
°C	-10°C~+45°C	0.2	±2°C
°F	14°F~113°F	0.36	±3.6°F

Baterai CR2032 3.0V

Thermometer NTC thermometer

Operating temperature -10°C-45°C (14F-113°F)

Operating humidity Kurangdari 90%RH

Temperaturpenyimpanan -40°C-60°C (-40-140°F)

Konsumsidaya Sekitar 3mA

Berat 52g

Dimensialat 40x18x105mm

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.

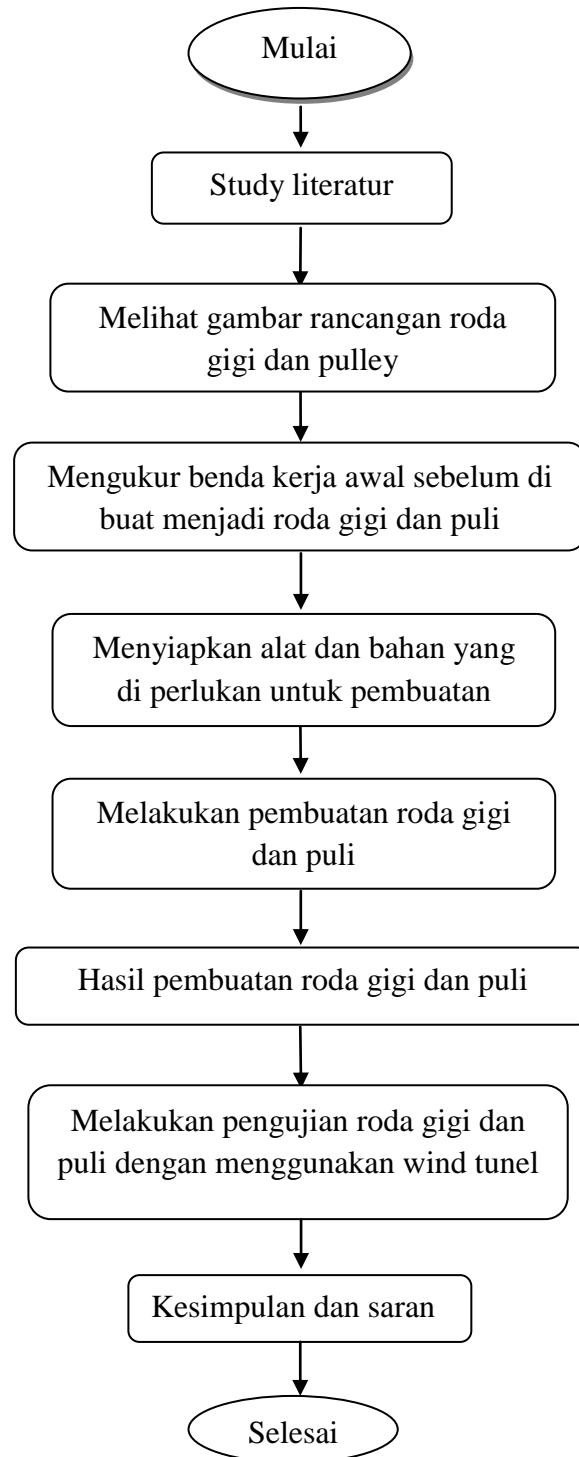


Gambar 3.8 Tachometer

Spesifikasi tachometer :

- Measurement Range:
 - PHOTO/LASER : 2.5 to 99,999RPM
 - CONTACT : 0.5 to 19,999RPM
 - SURFACE SPEED : 0.05 to 1,999.9m/min
- Resolution:
 - PHOTO/LASER: 0.1 RPM (from 2.5 to 999.9 RPM)
 - 1 RPM (over 1,000 RPM)
 - CONTACT: 0.1 RPM (from 0.5 to 999.9 RPM)
 - 1 RPM (over 1,000 RPM)
 - SURFACE SPEED: 0.01 m/min (0.05 to 99.99 m/min)
 - 0.1 m/min (over 100 m/min)
- Display : Large 5 digit LCD
- Accuracy : (0.05% + 1 digit)

3.4 Diagram alir penelitian



Gambar 3.9 Diagram alir penelitian

3.6 Rancangan bahan penelitian

Perancangan membuat roda gigi dan pulley di lakukan dengan menggunakan software auto cad dan kemudian rancangan roda gigi dan pulley tersebut di buat dengan metode pembubutan dan pengfraisan.

3.7 Prosedur pembuatan penelitian

Adapun tahapan pembuatan spesimen roda gigi dan puli pada prototype turbin angin savonius ini dapat di jelaskan pada tahapan berikut ini:

- A. Membuat perencanaan ukuran benda kerja yang akan di buat
- B. Melihat gambar rancangan yang di buat dengan menggunakan auto cad
- C. Menyiapkan benda kerja yang akan di kerejakan
- D. Mengukur benda kerja yang akan di buat.
- E. Membentuk benda kerja dengan menggunakan mesin bubut dan mesin frais.
- F. Memasang benda kerja roda gigi dan puli ke turbin yang telah siap di buat.
- G. Melakukan pengujian pada kedua benda kerja tersebut.
- H. Melakukan pengambilan data pengujian type helix dan type - U pada kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s, dengan pemindah daya dan putaran menggunakan roda gigi serta pulley. Adapun tabel untuk pengambilan data sebagai berikut.

Tabel 3.1 contoh tabel pengambilan data dengan kecepatan 4 m/s

kecepatan angin (m/s)	hitungan per menit	putaran (rpm)	arus listrik (ampere)
4 m/s	Menit 1		
	Menit 2		
	Menit 3		
Rata rata			

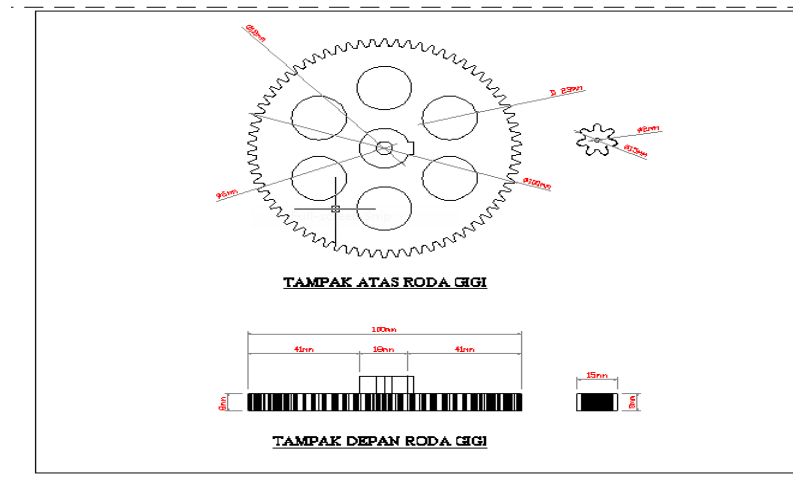
Tabel 3.2 contoh tabel pengambilan data dengan kecepatan 5 m/s

kecepatan angin (m/s)	hitungan per menit	putaran (rpm)	arus listrik (ampere)
5 m/s	Menit 1		
	Menit 2		
	Menit 3		

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan roda gigi

Melihat gambar rancangan dapat di lihat tahap pertama yang harus di lakukan pada pembuatan roda gigi adalah melihat gambar rancangan gambar teknik tersebut dengan menggunakan soft ware auto cad, dapat di lihat dari gambar di bawah ini.



gambar 4.1 gambar teknik roda gigi

4.1.1 Perencanaan bahan yang akan di buat.

Dari pembuatan bahan thermoplastik menjadi roda gigi lurus sebagai alat untuk pemindah daya dan putaran maka di dapat jumlah gigi dan daya yang telah di tentukan.

$$\text{Dik } P_d = 4 \text{ watt} = 0.004 \text{ kW}$$

$$z = 100 \text{ gigi}$$

$$N = 40/z$$

Dimana

$$N = \text{putaran engkol}$$

$$Z = \text{jumlah pembagi}$$

$$40 = \text{tetapan}$$

$$P_d = \text{daya rencana}$$

Jadi:

$$\begin{aligned}Pd &= fc \times p \\ &= 1.2 \times 0.004 \text{ kW} \\ &= 0.0048 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jadi, perencanaan daya yang akan di uji adalah sebesar 4 watt = 0.004 KW.

Tabel 4.1 pembagian kepala pembagi

SERI A				SERI B		
1		2		1	2	3
30	69	38	77	15	21	37
41	81	42	87	16	23	39
43	91	47	93	17	27	41
48	99	49	111	19	29	43
51	117	53	119	19	31	47
57	-	59	-	20	33	49

$$N = 40/z$$

$$N = 40/100$$

$$N = 10/25$$

Maka, artinya di putar 10 bagian dari piring pembagi yang jumlah lubangnya 25.

4.1.2 Material yang di gunakan

Material yang digunakan untuk pembuatan roda gigi adalah jenis termoplastik.



Gambar 4.2 material thermoplastik

Bahan ini di gunakan untuk membuat roda gigi lurus dengan ukuran yang di asumsikan sebesar 25 x 100 mm dengan jumlah gigi sebanyak 100 mata gigi.

4.1.3 pembuatan spesimen

Proses pertama menggunakan mesin bubut.

1. Cek ukuran awal benda kerja dengan diameter 30 x 250 mm.
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.
5. Kemudian bubut rata permukaan ujung benda kerja depan belakang sehingga mencapai ukuran benda kerja berdiameter 25 mm.
6. Melakukan proses pengeboran dengan mata bor pertama dengan diameter 6 mm dan spesimen kedua dengan menggunakan mata bor diameter 16 mm
7. Tirus bagian ujung benda kerja $2 \times 45^\circ$.
8. Dan lepas benda kerja dari cekam dan selesailah proses pembubutan pertama.



Gambar 4.4 proses pembubutan roda gigi

Proses pengefraisan dengan menggunakan mesin frais:

1. Pasang benda kerja pada cekam kepala pembagi
2. Menentukan titik nol pemakanan dengan cara:
3. Hidupkan motor spindel utama
4. Dekatkan mata pisau frais teoat di atas benda kerja, turunkan posisi mata pisau dengan memutar handle penurun dan penaik meja.
5. Posisi pisau harus benar - benar sejajar (sesumbu) dengan benda kerja.
6. Turunkan sedikit sehingga menyentuh benda kerja.
7. Putar pengukur pada handle penaik dan penurun meja pada posisi nol, jauhkan mata pisau frais.
8. Naikkan meja frais setinggi 3 mm, sebagai tinggi gigi, kemudian makankan terus jauhkan kembali.
9. Putar piring pembagi 10 kali putaran pada piring pembagi 25 lubang.



Gambar 4.5 Memutar meja piring pembagi

10. Lakukan langkah kerja 8 dan 9 hingga membentuk roda gigi.
11. Kemudian lepaskan benda kerja dari cekam maupun mandrel.
12. Lakukan pengeboran pada sisi sisi roda gigi sebesar 20 mm sebanyak 6 lubang bertujuan untuk mengurangi berat beban roda gigi yang akan siap di uji.
13. Rapikan bagian permukaan roda gigi dengan menggunakan kikir halus.



Gambar 4.6 proses pengefraisan

4.1.4 Hasil pembuatan

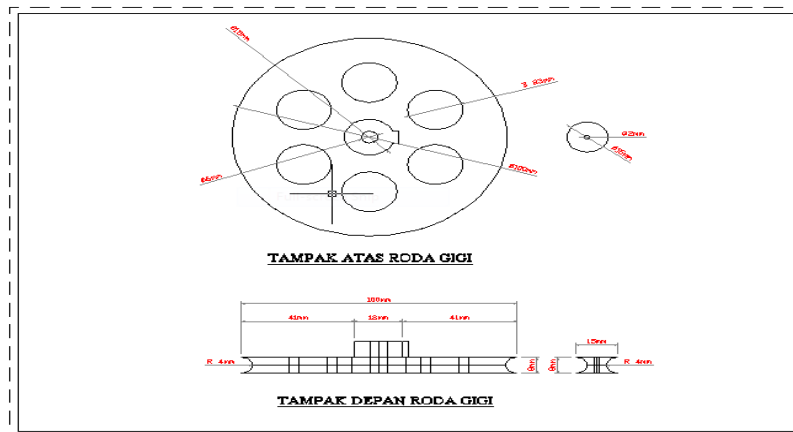
Setelah bahan melalui proses pembuatan maka dapat dilihat pada gambar di bawah ini hasil dari pembuatannya.



Gambar 4.7 hasil pembuatan roda gigi

4.2 Pembuatan Pulley

Melihat gambar rancangan dapat di lihat tahap pertama yang harus di lakukan pada pembuatan pulley adalah melihat gambar rancangan gambar teknik tersebut dengan menggunakan soft ware auto cad, dapat di lihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 4.8 gambar teknik pulley

4.2.1 perencanaan pembuatan pulley

Pulley di gunakan pada sistem transmisi ini pada prorotype trubin angin menjadi bahan untuk membandingkan keefesiensi dengan roda gigi sebagai pemindah

daya putaran, maka pulley di rancang dengan metode pembuatan dengan mesin yang sama pula.

Tabel 4.2 diameter pulley

Shaft diameter (mm) upto and including	Key cross-section		Shaft diameter (mm) upto and including	Key cross-section	
	Width (mm)	Thickness (mm)		Width (mm)	Thickness (mm)
6	2	2	85	25	14
8	3	3	95	28	16
10	4	4	110	32	18
12	5	5	130	36	20
17	6	6	150	40	22
22	8	7	170	45	25
30	10	8	200	50	28
38	12	8	230	56	32
44	14	9	260	63	32
50	16	10	290	70	36
58	18	11	330	80	40
65	20	12	380	90	45
75	22	14	440	100	50

Di dapat diameter pulley minimal yang di anjurkan dari tabel $d_p = 95 \text{ mm}$

$$D_k = 95 + (2 \times 5,5) = 106 \text{ mm}$$

Maka pulley pada poros adalah:

$$D_p \text{ (diameter pulley poros) } = d_p \times i \rightarrow i = 3600 \times 2800 = 1,2857$$

$$= 95 \times 1,2857 = 122 \text{ mm}$$

$$D_k \text{ (diameter luar pulley) } = D_p + (2 \times 5,5)$$

$$= 122 + 11 = 133 \text{ mm}$$

Perencanaan jarak sumbu poros pulley motor dan pisau dimana jarak minimal (C) $\geq 2 \times D_p$ atau dua kali diameter pulley besar.

$$\text{Jarak mminimal (C) } \geq 2 \times 122$$

$$\geq 244 \text{ mm}$$

Dan panjang sabuk adalah :

$$L = (2 \times C) + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{4.C}(D_p - d_p)^2$$

$$L = (2 \times 244) + \frac{3.14}{2} (95 + 122) + \frac{1}{4 \times 244} (122 - 95)^2$$

$$L = 488 + 1.57 \times 217 + 0,0024$$

$$L = 828,6 \text{ mm}$$

Maka panjang sabuk v adalah $828,6 = 829 \text{ mm}$.

4.2.2 Material yang di gunakan

Material yang digunakan untuk pembuatan puli adalah jenis termoplastik.



Gambar 4.9 material thermoplastik

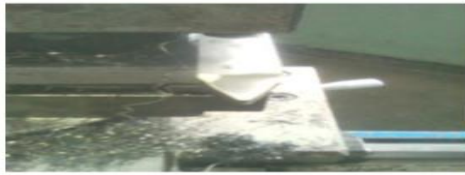
Bahan ini di gunakan untuk membuat puli dengan ukuran yang di asumsikan sebesar $25 \times 100 \text{ mm}$ dengan kedalaman alur sabuk v 3 mm .

4.2.3 pembuatan spesimen

Proses pertama menggunakan mesin bubut.

1. Cek ukuran awal benda kerja dengan diameter $30 \times 250 \text{ mm}$.
2. Mempersiapkan mesin bubut dan peralatan lainnya.





Gambar 4.10 peralatan yang di butuhkan

3. Pasang pahat bubut setinggi senter.
4. Cekam benda kerja setengah dari benda kerja tersebut.
5. Kemudian bubut rata permukaan ujung benda kerja depan belakang sehingga mencapai ukuran benda kerja berdiameter 25 mm.
6. Melakukan proses pengeboran dengan mata bor pertama dengan diameter 6 mm dan spesimen kedua dengan menggunakan mata bor diameter 16 mm
7. Tirus bagian ujung benda kerja $2 \times 45^\circ$.
8. Dan lepas benda kerja dari cekam dan selesailah proses pembubutan pertama.



Gambar 4.11 proses pembuatan pulley

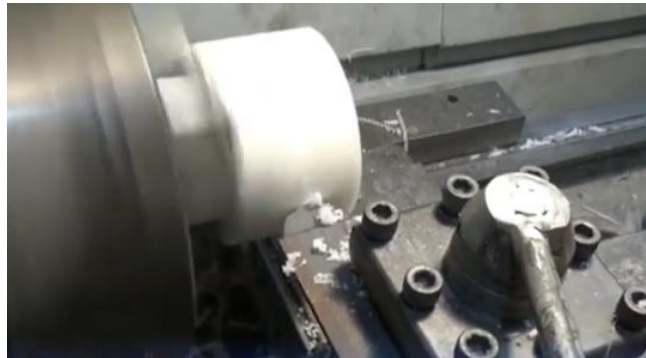
Tahap kedua yaitu melakukan pembubutan untuk membuat alur sabuk v :

1. Pasang pahat bubut setinggi senter.
2. Cekam benda kerja setengah dari benda kerja tersebut.
3. Kemudian bubut rata permukaan ujung benda kerja depan belakang sehingga mencapai ukuran benda kerja berdiameter 25 mm.
4. Setelah itu bubut bagian tengah benda kerja dengan mesin bubut dengan diameter 6 mm dan pengeboran kedua dengan mata bor 16 mm.



Gambar 4.12 pembubutan benda kerja

5. Kemudian lepas benda kerja dari kepala cekam.
6. Cekam mandrel setengah bagian sebagai dudukan benda kerja.
7. Pasang benda kerja ke mandrel hingga senter dan rata tidak baling saat benda kerja di putar.
8. Kemudian bubut benda kerja dengan mata pisau hss sedalam 3 mm dengan sudut 45°



Gambar 4.13 pembubutan alur belt

9. Lakukan langkah kerja 8 sampai sesuai dengan ukuran yang telah di rencanakan.
10. Kemudian lepaskan benda kerja dari cekam maupun mandrel.
11. Lakukan pengeboran pada sisi sisi puli sebesar 20 mm sebanyak 6 lubang bertujuan untuk mengurangi berat beban puli yang akan siap di uji.

12. Rapikan bagian permukaan roda gigi dengan menggunakan kikir halus.

4.2.4 Hasil pembuatan

Setelah bahan melalui proses pembuatan maka dapat dilihat pada gambar di bawah ini hasil dari pembuatannya.



Gambar 4.14 hasil pembuatan pulley

4.3 Pengujian benda kerja

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



Gambar 4.15 wind tunnel pengujian

Adapun tahapan pengujian ini adalah :

1. Mempersiapkan benda kerja yang akan di uji.



Gambar 4.16 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.



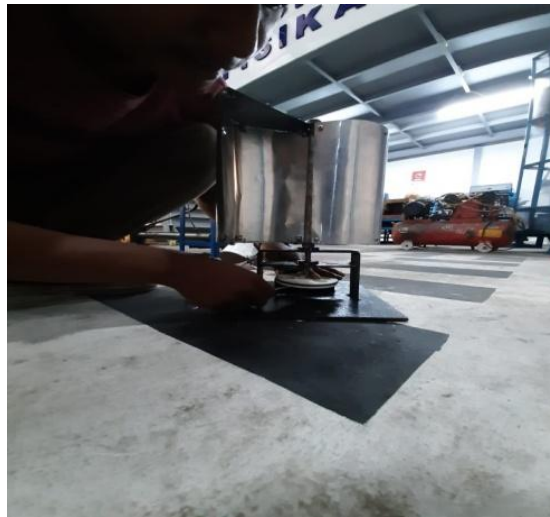
Gambar 4.17 merakit benda kerja roda gigi

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 4.18 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 4.19 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.



Gambar 4.20 perakitan benda kerja menggunakan pulley
Dengan menggunakan sudu type helix

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.



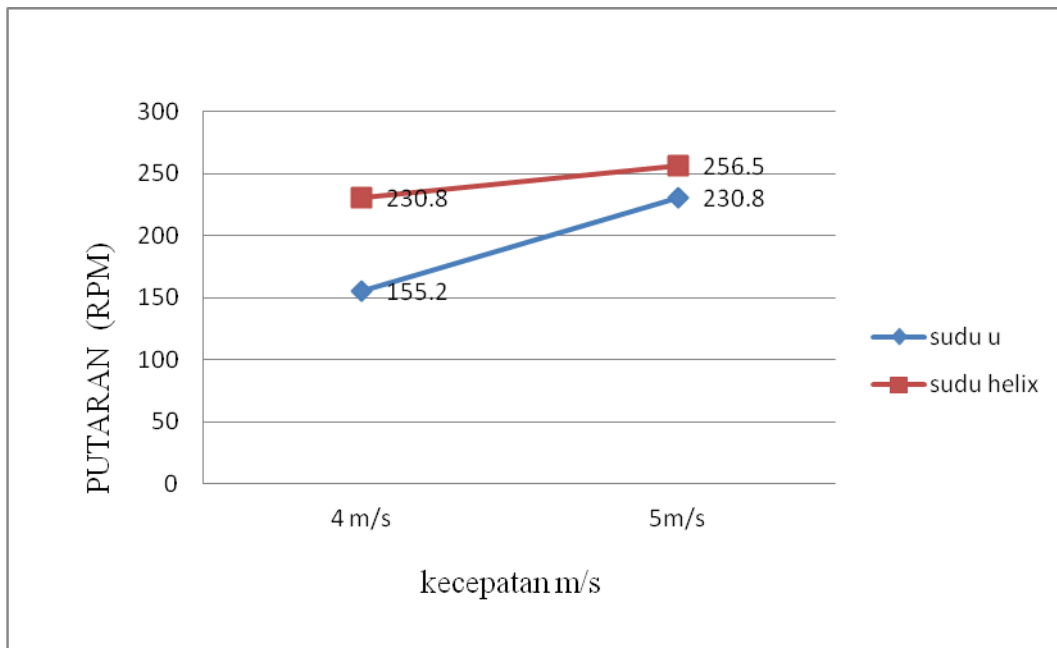
4.4 Pengolahan data dari semua percobaan

1. Dari pengambilan data menurut tabel di atas maka dari pengujian roda gigi sebagai pemindah daya dan putaran pada turbin angin savonius dapat di hasilkan putaran dan arus listrik yang efisien dengan kecepatan yang sama.

Tabel 4.3 hasil rata rata putaran dari percobaan roda gigi

Kecepatan	Putaran Sudu type U	Putaran Sudu type helix
4 m/s	155,2	230,8
5 m/s	230,8	256,5

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

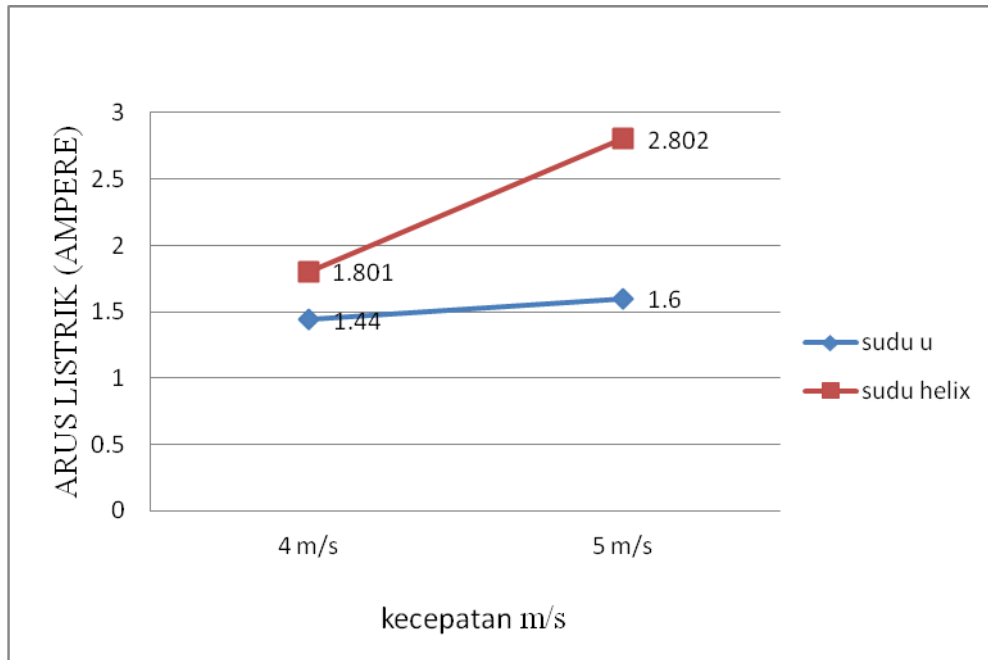


Gambar 4.21 grafik putaran roda gigi dengan kecepatan 4 dan 5 m/s

Tabel 4.4 hasil rata rata arus listrik dari percobaan roda gigi

Kecepatan	Arus listrik Sudu type U	Arus listrik Sudu type helix
4 m/s	1,44	1,60
5 m/s	1,801	2,802

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



Gambar 4.22 Grafik arus listrik roda gigi dengan kecepatan 4 dan 5 m/s

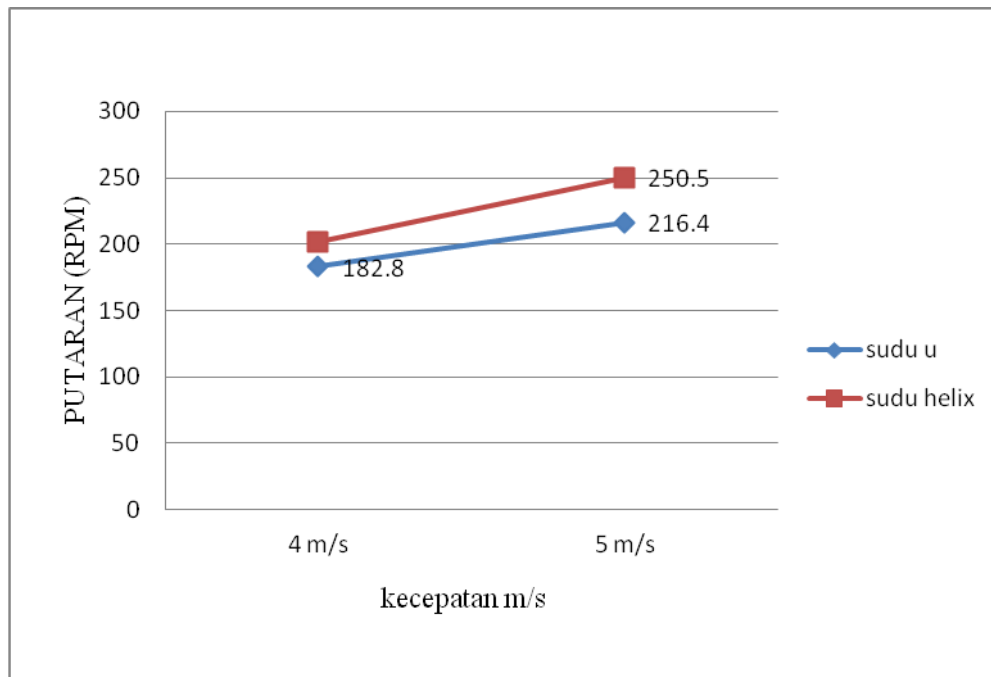
2. Pengujian puli belt

Dari pengambilan data menurut tabel di atas maka dari pengujian puli belt sebagai pemindah daya dan putaran pada turbin angin savonius dapat di hasilkan putaran dan arus listrik yang efisien dengan kecepatan yang sama.

Tabel 4.5 hasil rata rata putaran dari percobaan pulley belt

Kecepatan	Kecepatan Sudu type U	Kecepatan Sudu type helix
4 m/s	182,8	216,4
5 m/s	201,6	250,5

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

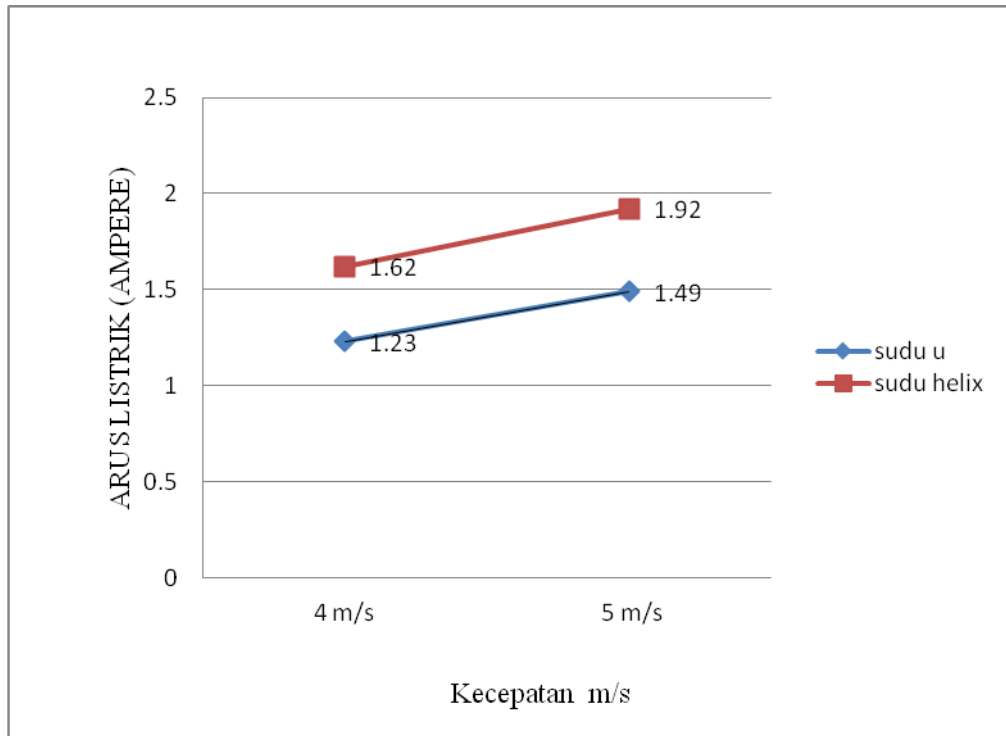


Gambar 4.23 Grafik putaran pulley belt kecepatan 4 dan 5 m/s

Tabel 4.6 Hasil percobaan arus listrik dari putaran pulley belt

Kecepatan	arus listrik Sudu type U	arus listrik Sudu type helix
4 m/s	1,23	1,49
5 m/s	1,62	1,92

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



Gambar 4.24 Grafik arus listrik pulley belt dengan kecepatan 4 dan 5 m/s

Maka dapat di lihat dari tabel di atas bahwa prototype turbin angin savonius type helix 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 pembuatan dengan ukuran diameter awal 30 x 250 mm pada roda gigi maka di dapat ukuran hasil akhir diameter roda gigi untuk poros 100 mm dengan jumlah gigi 100 dan roda gigi untuk di generator 13 mm dengan jumlah gigi 5 dan kedalaman pemotongan gigi 3 mm.
2. Setelah dilakukan pembuatan dengan ukuran diameter awal 30 x 250 mm terhadap puli maka di dapat ukuran hasil akhir diameter puli untuk poros sebesar 100 mm dan untuk yang di generator 13 mm dengan dalam pemakanan alur 3 mm.
3. Dari pembuatan di atas maka roda gigi dan puli di uji dengan menggunakan wind tunnel dengan perbandingan roda gigi lebih efisien dari puli sebagai pemindah daya dan putaran pada prototype turbin angin savonius sebagai pembangkit listrik energi terbarui.

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.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. 2004. Penggerak Mula Turbin. ITB. Bandung.
- Arwoko, Heru. 1999. Disain Turbin Angin. Departemen MIPA UBAYA.
- Pembuatan dan Studi Kelayakan Ekonomi Prototype Turbin Angin Tipe Helix Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Reksoatmodjo, Tedjo Narsoyo. 2004. Vertical-Axis Differential Drag Windmill. Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI).
- Sumber-Sumber Tenaga Diperbaharu yang Lain. Cetree. Buku Sumber Guru.
- Jac Stolk. Ir dan C. Kros. Ir, *Elemen Mesin (Elemen Kontruksi Bangunan Mesin)*, Erlangga, Jakarta 1993.
- Niemann. H. Winter, *Elemen Mesin Jilid 2*, Erlangga, Jakarta 1992.
- Sularso. Ir. MSME dan Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta 2004.
- Rohyana Solih,(2000). Pekerjaan Permesinan. Armico: Bandung.
- Sato, G., T., dan Sugiarto, H.N. 2000. Menggambar Mesin Menurut Standard ISO.Jakarta: Pradnya Paramita.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PEMBUATAN RODA GIGI DAN PULI SEBAGAI PEMINDAH DAYA DAN PUTARAN PADA PROTOTYPE TURBIN ANGIN SAVONIUS SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBAHARUI

NAMA : Dicky Andrian Adinata

NPM : 1307230095

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

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

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	15 - 8 - 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Pada latar belakang tambahkan Tentang Roda gigi pemindah daya dan putaran. - Sesuaikan dengan format tulisan TA yang sudah ada. - Perbaiki BAB 1 dan 2. - Lanjutkan 	} Af.
	29 - 8 - 2018	- Perbaiki lagi format tulisan	Af.
	20 - 9 - 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Lanjutkan ke BAB 3 - Diskusikan dan konsultasi dengan Pembimbing 2. 	} Af.
	25 - 2 - 2019	<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki BAB 3 - Lanjutkan ke BAB 4. 	} Af.
	senin $\frac{8}{7}$ 2019	<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki Metode - perbaiki Atasi dan ke singula 	} Af.
	Rabu $\frac{18}{7}$ 2019	<ul style="list-style-type: none"> - lanjutkan ke Bab - 5. - Perbaiki selengkapnya 	} Af.
	kamis $\frac{8}{8}$ 2019	- perbaiki lagi Bab 3, 4 dan 5	} Af.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PEMBUATAN RODA GIGI DAN PULI SEBAGAI PEMINDAH DAYA DAN PUTARAN PADA PROTOTYPE TURBIN ANGIN SAVONIUS SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBAHARUI

NAMA : Dicky Andrian Adinata

NPM : 1307230095


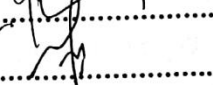
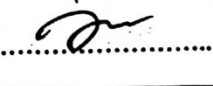
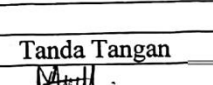
PEMBIMBING I : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T










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

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	Jumat $\frac{2}{8}$ 2019	- perbaiki lagi pengambilan datanya	} AH.
	sabtu $\frac{3}{8}$ 2019	- Pce - persiapan seminar	
	Rabu, $\frac{4}{8}$ - 2019.	- perbaiki format	♀
	Rabu Senin, $\frac{19}{8}$ - 2019	- perbaiki format	↑
	Selasa, $\frac{20}{8}$ - 2019	- sec Seminar	♀

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

Peserta Seminar
 Nama : Dicky Andrian Adinata
 NPM : 1307230095
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Roda Gigi Dan Pully Sebagai Pemindah daya Dan Putaran Pada Prototype Turbin Angin Savonius Se – Bagai Pembangkit Listrik Energi Terbaruhai.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Ahmad Marabdi Srg.s.T.M.T	: 
Pembimbing – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 
Pembanding – I	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 
Pembanding – II	: Bekti Suroso.S.T.M.Eng	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230161	MELDAN	
2	1507230230	Judi Rahmanto	
3	1507230169	ARZANSYAH PRATAMA HZP	
4	1507230214	Akus TOMMY KURNIAWAN	
5	1507230168	Muhammed Asael	
6	1507230010	Fery Hardiansyah.	
7	1507230267	Ikhwan Maulana	
8	1507230306	MUHAMMAD HABIBI PELUKAN	
9	1507230012	Billy Bintana Putpa.	
10			

Medan, 11 Muharram 1440 H
11 September 2019 M

Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Dicky Andria Adinata
NPM : 1307230095
Judul T.Akhir : Pembuatan Roda Gigi Dan Pully Sebagai Pemindah Daya Dan Putaran Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pem-Bangkit Listrik Energi Terbaharui

Dosen Pembimbing - I : Ahmad marabdi Srg.St.M.T
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

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 11 Muharram 1440H
11 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- I


H.Muharnif.S.T.M.Sc

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

NAMA : Dicky Andria Adinata
NPM : 1307230095
Judul T.Akhir : Pembuatan Roda Gigi Dan Pully Sebagai Pemindah Daya Dan Putaran Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pem – Bangkit Listrik Energi Terbaharui

Dosen Pembimbing – I : Ahmad marabdi Srg.St.M.T
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

KEPUTUSAN

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

lihat pada masalah tugas Akhir!

.....

.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :


.....

.....

.....

Medan 11 Muharram 1440H
11 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- II


Bekti Suroso.S.T.M.Eng

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : DICKY ANDRIAN ADINATA
NPM : 1307230095
Tempat/Tanggal lahir : BINJAI, 25 DESEMBER 1995
Agama : ISLAM
Alamat : PERK. NAGAMAS DESA SEKIJANG, KEC. TAPUNG
HILIR, KAB. KAMPAR
Jenis Kelamin : LAKI – LAKI
Anak Ke : 1 DARI 3 BERSAUDARA
No. HP : 0813 - 6255 - 8371
Telp : -
Status Perkawinan : BELUM MENIKAH
Email : dickyandrian415@gmail.com
Nama Orang Tua :
Ayah : SUGITO
Ibu : SRIWATI

PENDIDIKAN FORMAL

2001 – 2007 : SD NEGRI 021 SEKIJANG
2007 – 2010 : SMP SWASTA LKMD INDRASAKTI
2010 – 2013 : SMK SWASTA ABDI NEGARA BINJAI
2013 – 2019 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA