

TUGAS AKHIR

ANALISA KECEPATAN ALIRAN PADA SUDU TURBIN ANGIN SAVONIUS TYPE U DAN TYPE HELIX

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

Disusun Oleh:

EBIT SUSANDRI
1307230030



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ebit Susandri
NPM : 1307230030
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISA KECEPATAN ALIRAN PADA SUDU TURBIN
ANGIN SAVONIUS TYPE U DAN TYPE HELIX
Bidang ilmu : Konversi Energi

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

Beki Suroso S.T., M.Eng

Dosen Penguji II

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

Dosen Penguji III

H. Muharnif, 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:

Nama Lengkap : Ebit Susandri
Tempat /Tanggal Lahir : Subulussalam/02 Februari 1992
NPM : 1307230030
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“ANALISA KECEPATAN ALIRAN PADA SUDU TURBIN ANGIN SAVONIUS TYPE U DAN TYPE HELIX”,

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 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, 04 Maret 2020



Saya yang menyatakan,

Ebit Susandri

ABSTRAK

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 pada umumnya memiliki kecepatan angin yang potensial sehingga turbin angin berfungsi merubah energi angin yang potensial menjadi energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros, dengan Sudu merupakan salah satu bagian dari turbin angin yang memiliki fungsi menerima energi kinetik dari angin dan merubahnya menjadi energi gerak putar pada poros penggerak, bersumber dari kecepatan aliran angin yang merupakan udara bergerak dari tekanan tinggi ke rendah, dan dapat menghembus kecepatan aliran angin dan menyebabkan turbin angin, sudu turbin angin berputar yang dapat memutar generator untuk menghasilkan daya listrik yang konstan untuk menghasilkan daya listrik maksimal, dapat dijadikan sebagai bahan kajian kecepatan aliran angin. Adapun tujuan penelitian adalah menganalisa kecepatan aliran angin yang terjadi terhadap sudu type –U dan type heliks pada turbin angin savonius, dan penelitian ini menggunakan alat uji *windtunnel* sehingga dapat menganalisa pada kecepatan aliran angin 3 - 5 m/s yang menghasilkan data pada turbin angin sudu type Heliks dengan kecepatan angin 3 m/s menghasilkan daya listrik sebesar 0.0406 Watt, 4 m/s menghasilkan daya listrik sebesar 0.286 Watt dan 5 m/s menghasilkan daya listrik sebesar 0.378 Watt, untuk hasil pengujian pada turbin angin type U dengan kecepatan aliran angin 3 m/s menghasilkan daya listrik sebesar 0.080 Watt, 4 m/s menghasilkan daya listrik sebesar 0.369 Watt dan 5 m/s menghasilkan daya listrik sebesar 0.1102 Watt. Dari hasil diatas dapat membuktikan bahwa turbin angin savonius type U menghasilkan daya tertinggi pada kecepatan angin 5 m/s sebesar 0.1102 Watt.

Kata kunci : Kecepatan Aliran, Turbin Angin, Sudu Turbin, Type U, Type Helix.

ABSTRACT

Wind energy is one of the environmentally friendly energy sources, abundant and renewable energy sources that have the potential to be developed. Wind potentials in Indonesia generally have potential wind speeds so that wind turbines function to convert potential wind energy into kinetic energy from wind to mechanical energy in the form of shaft rotation, with the blade being one part of a wind turbine that has the function of receiving kinetic energy from the wind and turning it into rotary energy on the drive shaft, sourced from the speed of the wind flow which is air moving from high to low pressure, and can blow the speed of wind flow and cause wind turbines, rotating wind turbine blades that can turn generators to produce constant electric power to produce power maximum electricity, can be used as material for wind flow velocity studies. The purpose of this study is to analyze the wind flow velocity that occurs on the type -U blades and helical type in savonius wind turbines, and this study uses a windtunnel test tool so that it can analyze at wind flow speeds of 3-5 m / s which produce data on the blades Helical type with wind speed of 3 m / s produces electrical power of 0.0406 Watts, 4 m / s produces electrical power of 0.286 Watts and 5 m / s produces electrical power of 0.374 Watts, for the results of testing on U type wind turbines with wind flow speeds 3 m / s produces electrical power of 0.080 Watt, 4 m / s produces electrical power of 0.369 Watt and 5 m / s produces electrical power of 0.1102 Watt. From the above results it can be proved that savonius wind turbine type U produces the highest power at a wind speed of 5 m / s of 0.1102 Watt.

Keywords : *Flow Velocity, Wind Turbines, Turbine Blades, Type U, Type Helix.*

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 "Analisa Kecepatan Aliran Pada Sudu Turbin Angin Savonius Type U Dan Tipe Helix" 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 Muharnif, 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 Bekti Suroso, S.T.,M.Eng selaku Dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen pembimbing 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 Sahidin dan Ibu Siti Jalera, 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: Abdissalam Team Antar Sumut, Idris, Riki Juliansyah, Sandi Yoga Sahaf 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, 04 Maret 2020



Ebit Susandri

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 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kecepatan Aliran Angin	3
2.2 Turbin Angin	3
2.3 Jenis Turbin Angin Savonius	5
2.4 Komponen Utama Pada Turbin Angin Savonius	7
2.4.1 Sudu	7
2.4.2 Saft	7
2.4.3 Bearing	8
2.4.4 Belt	9
2.4.5 Alternator	9
2.5 Sistem Kerja Turbin Angin Savonius	10
2.6 Daya Total	11
BAB 3. METODE DAN PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	16
3.1.1 Tempat	16
3.1.2 Waktu	16
3.2 Alat Dan Bahan	17
3.2.1 Unit wind tunnel	17
3.2.2 Multi tester	17

3.2.3	Anemometer	18
3.2.4	Tachometer	18
3.2.5	Model turbin angin Type Sudu u dan Type Heliks	19
3.2.6	Laptop	19
3.3	Desain Pengujian	20
3.3.1	Set up Peralatan	20
3.4	Teknik Pengumpulan Data	21
3.5	Diagram Alir Penelitian	22
3.6	Prosedur Pengujian	23
3.7	Perosedur Pengambilan Data	23
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Analisa dan Pembahasan Daya Listrik Untuk Turbin Type Helix	23
4.2	Analisa dan Pembahasan Daya Listrik Untuk Turbin Type U	27
4.3	Perhitungan Komponen Turbin	31
4.3.1	Pengolahan Poros	31
4.3.2	Perhitungan Dimensi Sudu	33
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	36
5.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian	17
Tabel 3.2 Variabel Penelitian	22
Tabel 4.1 Hasil pengukuran kecepatan angin 3 m/s	24
Tabel 4.2 Hasil pengukuran kecepatan angin 4 m/s	25
Tabel 4.3 Hasil pengukuran kecepatan angin 5 m/s	26
Tabel 4.4 Hasil pengukuran hasil rekapitulasi daya listrik	27
Tabel 4.5 Hasil pengukuran kecepatan angin 3 m/s	28
Tabel 4.6 Hasil pengukuran kecepatan angin 4 m/s	29
Tabel 4.7 Hasil pengukuran kecepatan angin 5 m/s	30
Tabel 4.8 Hasil pengukuran hasil rekapitulasi daya listrik	31

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	Shaft	8
Gambar 2.8	Bearing	9
Gambar 2.9	Belt	10
Gambar 2.10	Alternator	10
Gambar 2.11	Konsep Turbin Savonius	11
Gambar 2.12	Skema Sistem Kerja Turbin Angin Savonius Type U	12
Gambar 3.1	Unit Wind Tunel	17
Gambar 3.2	Multi Tester	17
Gambar 3.3	Anemometer	18
Gambar 3.4	Tachometer	19
Gambar 3.5	Model turbin angin type Sudu Heliks	19
Gambar 3.6	Model turbin angin type Sudu U	19
Gambar 3.7	Laptop	20
Gambar 3.8	Peralatan turbin angin sumbu vertikal blade type U dan Heliks	20
Gambar 3.9	Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4.1	Grafik daya listrik pada kecepatan angin 3 m/s	24
Gambar 4.2	Grafik daya listrik pada kecepatan angin 4 m/s	25
Gambar 4.3	Grafik daya listrik pada kecepatan angin 5 m/s	26
Gambar 4.4	Grafik rekapitulasi daya listrik pada beberapa kecepatan angin	27
Gambar 4.5	Grafik daya listrik pada kecepatan angin 3 m/s	29
Gambar 4.6	Grafik daya listrik pada kecepatan angin 4 m/s	30
Gambar 4.7	Grafik daya listrik pada kecepatan angin 5 m/s	31
Gambar 4.8	Grafik rekapitulasi daya listrik pada beberapa kecepatan angin	32

Type U

Gambar 4.9 Dimensi turbin

35

DAFTAR NOTASI

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

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 pada umumnya memiliki kecepatan angin yang potensial, sehingga jenis turbin angin vertikal dirasa sangat cocok untuk digunakan pada kondisi kecepatan angin rendah.

Pada umumnya bentuk turbin angin yang banyak digunakan adalah turbin angin sumbu horizontal, walau demikian turbin angin sumbu vertikal menjadi alternatif untuk menghasilkan energi listrik disebabkan oleh beberapa keuntungan. Turbin angin vertikal memiliki *Self Starting* yang baik sehingga mampu memutar rotor walaupun kecepatan angin rendah, selain itu torsi yang dihasilkan relatif tinggi. Selain itu juga kelebihan dari turbin angin sumbu vertikal yaitu dapat berputar secara efektif dengan dorongan angin dari segala arah, sehingga sangat cocok untuk daerah yang arah anginnya bervariasi. Berbeda dengan turbin angin sumbu horizontal, untuk mendapatkan putaran yang efektif turbin harus diarahkan pada posisi berlawanan dengan arah angin, ketika kondisi angin bervariasi maka turbin jenis sumbu horizontal tidak dapat berputar dengan maksimal karena harus mencari posisi efektif dari arah angin terlebih dahulu. Turbin angin sumbu vertikal memiliki efisiensi yang kecil karena memanfaatkan gaya *drag*. Daya yang diperoleh berasal dari selisih antara gaya penggerak momen positif dan negatif yang terjadi pada rotor. Turbin angin Savonius merupakan salah satu tipe turbin angin poros vertikal. Turbin ini memiliki bentuk dan konstruksi yang sederhana dan disusun menyerupai huruf S.

Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini untuk mengetahui hasil Kecepatan Aliran angin Sudu Turbin Angin Savonius Type U Dan Type Helix yang divariasikan.

1.3 Ruang Lingkup.

Pada penelitian ini ada beberapa pembatasan masalah agar penelitian ini lebih terarah dan sistematis ,antara lain :

1. Memvariasikan kecepatan angin 3 – 5 m/s pada sudu type-u dan type helix.
2. Alat yang digunakan sebagai pengujian adalah *wind tunnel*.
3. Pengambilan data pada detik ke 30 m/s,60 m/s, dan 90 m/s

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa kecepatan aliran pada sudu turbin angin savonius dengan sudu type-u dan type helix

1.5 Manfaat

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

1. Sebagai wujud kontribusi dalam pngembangan turbin angin untuk menciptakan pembangkit listrik energi terbaruai yang efisien.
2. Sebagai sarana pengaplikasikan kreatifitas dari ilmu yang didapatkan selama di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Sebagai miniatur turbin angin pembangkit listrik yang dapat diamati oleh mahasiswa.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Kecepatan Aliran Angin

Kecepatan aliran angin, adalah kuantitas atmosfer mendasar yang disebabkan oleh udara yang bergerak dari tekanan tinggi ke rendah, biasanya karena perubahan suhu. Perhatikan bahwa arah angin biasanya hampir sejajar dengan isobar (dan tidak tegak lurus, seperti yang diduga), karena rotasi Bumi.

Untuk menghitung laju udara, dihitung/dikonversi satuan tekanan menjadi laju alir udara. Rumus untuk menghitung laju alir udara, yaitu:

$$Q = C \times A_2 \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \times \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

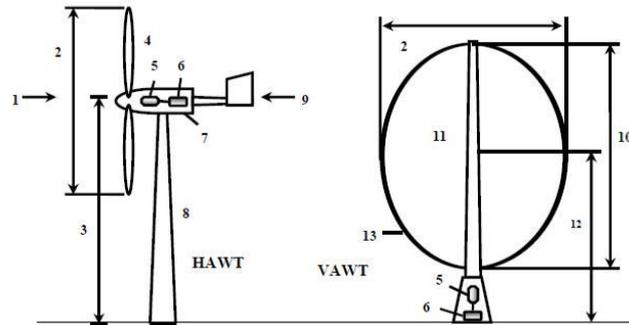
(Sumber: Mc Cabe. 1993:221)

Dimana:

- d1 = diameter luar orifice
- d2 = diameter dalam orifice
- P = beda tekan udara
- A2 = luas penampang orifice
- ρ = densitas udara
- Cd = koefisien orifice
- β = diameter orifice

2.2 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*

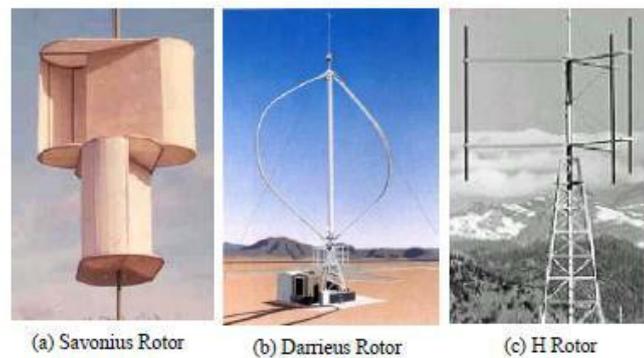
Pemanfaatan energi angin telah dilakukan sejak lama. Pertama kali digunakan untuk menggerakkan perahu di sungai Nil sekitar 5000 SM. Penggunaan kincir sederhana telah dimulai sejak permulaan abad ke-7 dan tersebar diberbagai negara seperti Persia, Mesir, dan Cina dengan berbagai desain. Di Eropa, kincir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



Gambar 2.2. Turbin angin sumbu tegak.

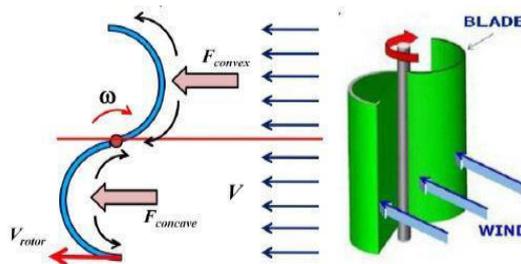
2.3 Jenis Turbin Angin Savonius

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*, pada gambar 2.3.



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 type rotor *helix* seperti di bawah ini:



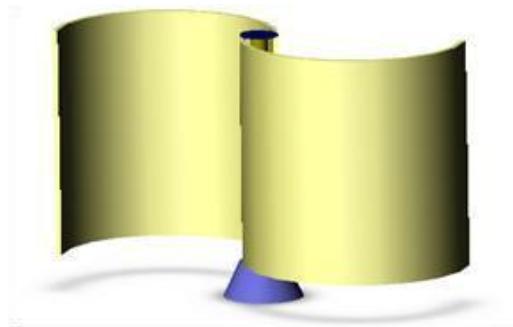
Gambar 2.5 Rotor Savonius berbentuk heliks

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.

2.4 Komponen Utama Pada Turbin Angin Savonius

2.4.1 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. Pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Sudu.

2.4.2 Shaft

Mentransmisikan gerakan rotasi dari poros/pusat kegiatan baling-baling kepada gearbox dan dari gearbox kepada generator. Pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Shaft.

2.4.3 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.

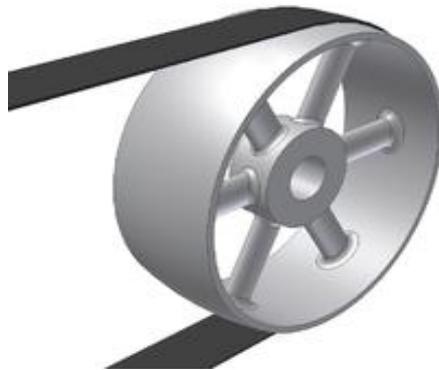
Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja 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 bantaran balock untuk mengurangi gesekan rotasi dan mendukung radial dan aksial beban. Pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Bearing.

2.4.4 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. Pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Belt

2.4.5 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. Pada gambar 2.10

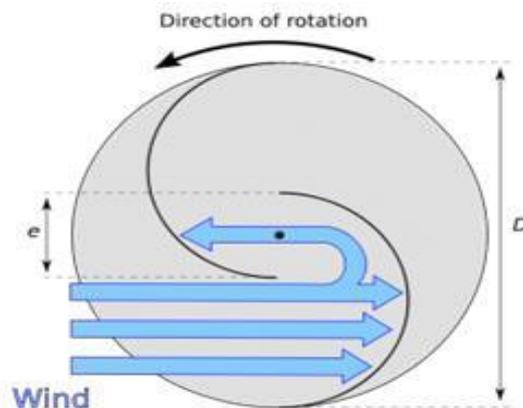


Gambar 2.10 alternator

2.5 Sistem Kerja Turbin Angin Savonius.

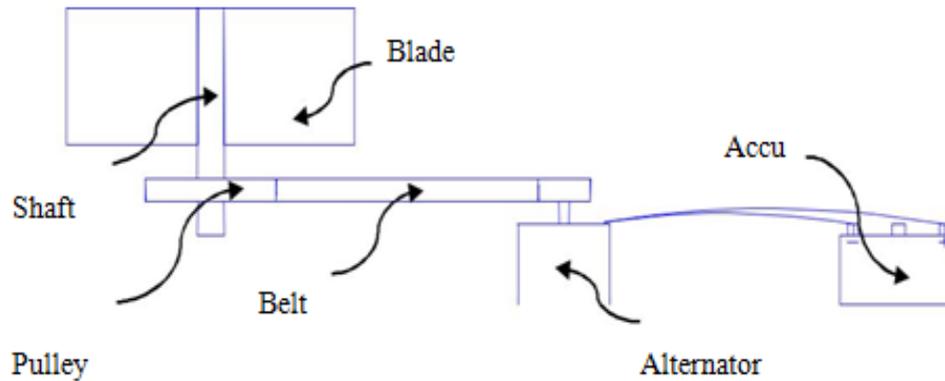
Dalam mengkonversikan energi kinetik angin hingga berubah menjadi energi listrik melalui suatu proses sistem kerja yang sangat berurutan antara komponen-komponen turbin satu sama lainnya. Pada sistem kerja turbin angin Savonius tipe-u dapat diterangkan sistem kerjanya yaitu energi hembusan angin menghasilkan 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 12 volt agar kebutuhan energi listrik tidak terganggu. Pada gambar 2.11



Gambar 2.11 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. Pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Skema Sistem Kerja Turbin Angin Savonius Type – 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:

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (2.1)$$

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.

$$P_{\text{generator}} : VI \quad (2.6)$$

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)

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

Dimana:

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

A : Luas rotor turbin (m²)

V_i : Kecepatan aliran angin (m/s)

G_c : Vektor 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 penelitian ini di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

3.1.2 Waktu

Adapun pelaksanaan pengerjaan pengujian dan penyusunan tugas sarjana ini dilaksanakan mulai 22 juli 2019 s/d 29 januari 2020

No	Kegiatan	Juli	Agust	Sept	Okto	Des	Jan	Feb	Maret
1	Pengajuan Judul								
2	Studi Literatur								
3	Penyediaan Bahan Dan Specimen								
4	Persiapan dan Pemasangan Alat								
5	Uji Alat Dan Pengukuran Data								
6	Pengolahan Dan Analisis Data								
7	Seminar Hasil								
8	Sidang Tugas Akhir								

3.2 Alat Dan Bahan

3.2.1 Unit *Wind tunnel*

Berfungsi untuk menjalankan model turbin angin Sudu Type U dan Type Heliks sebagai penghasil daya listrik dengan cara mengatur kecepatan angin yang mengalir.



Gambar 3.1 Unit *wind tunnel* (Lab Proses Produksi UMSU)

3.2.2 *Multi Tester*

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



Gambar 3.2 *multi tester*. (Lab Fisika Dasar UMSU)

3.2.3 *Anemometer*

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



gambar 3.3 *anemometer* (Lab Fisika Dasar UMSU)

3.2.4 *Tachometer*

Tachometer adalah sebuah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit (RPM) dari poros engkol mesin. Kata *tachometer* berasal dari kata Yunani tachos yang berarti kecepatan dan metron yang berarti untuk mengukur.

Perangkat ini pada masa sebelumnya dibuat dengan dial, jarum yang menunjukkan pembacaan saat ini dan tanda-tanda yang menunjukkan tingkat yang aman dan berbahaya. Pada masa kini telah diproduksi *tachometer* digital yang memberikan pembacaan numeric tepat dan akurat dibandingkan menggunakan dial dan jarum.



Gambar 3.4 *Tachometer*. (Lab Fsisika Dasar UMSU)

3.2.5 Model Turbin Angin Type Sudu U Dan Type Heliks

Model turbin angin type Sudu U dan type Heliks berfungsi untuk mongkonversi tenaga angin menjadi tenaga listrik.



Gambar 3.5 Model turbin angin type Sudu U



Gambar 3.6 Model turbin angin type Sudu Heliks

3.2.6 Laptop

Laptop itu adalah sebuah perangkat atau device komputer yang comfortable bisa dibawa kemana-mana yang tentu saja memiliki fungsi kegunaan untuk berbagai keperluan komputing seperti mengetik, mengolah data (*edit foto, edit video* dll), online internet dan juga bisa digunakan untuk menyimpan data (file, gambar, video dll) selain itu masih banyak kegunaan lainnya yang tidak pernah terbayangkan oleh banyak orang.

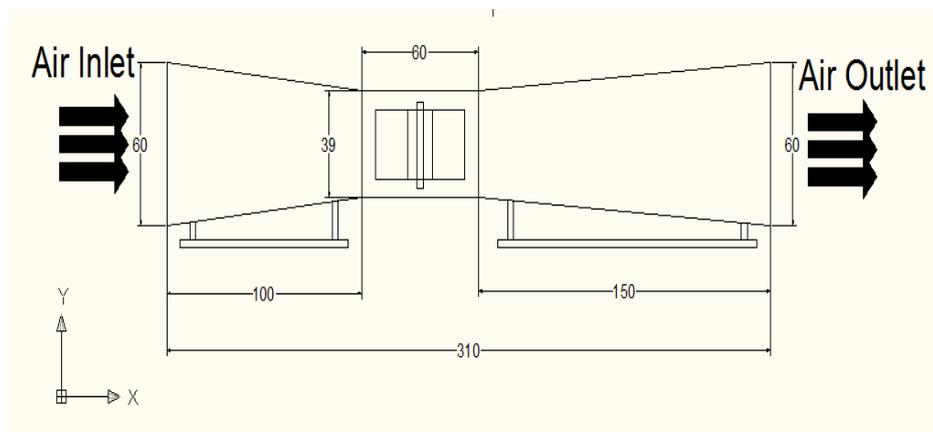


Gambar 3.7 Laptop

3.3 Desain Pengujian

Metode yang digunakan pada pengerjaan penelitian ini adalah pengujian eksperimental. Pengujian dilaksanakan apabila perencanaan dan pembuatan turbin angin sumbu vertikal blade savenius type U dan Heliks ini telah diselesaikan.

3.3.1 Set Up Peralatan



Gambar 3.8 Peralatan turbin angin sumbu vertikal blade type U dan Heliks
(Ahmad Marabdi. S.T.,M.T)

Wind Tunnel atau terowongan angin adalah salah satu perkembangan ilmu dan teknologi yang merupakan sebuah alat riset yang dikembangkan untuk membantu dalam menganalisa efek angin yang bergerak di sekitar objek padat. Untuk membedakan tipenya, terowongan angin dibedakan berdasarkan parameter-parameter tertentu. Parameter tersebut biasanya merupakan salah satu parameter yang signifikan dari bilangan Reynolds.

Prosedur penelitian.

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

1. Menjalankan blower sesuai data-data penelitian diambil pada kecepatan angin (3,4 dan 5 m/s).
2. Menset kecepatan angin agar stabil (sesuai kebutuhan)
3. Mencatat kecepatan angin, arus, putaran poros dan tegangan listrik, serta suhu angin dengan alat ukur
4. Mengulangi langkah 2 dan 3 untuk beberapa variable penelitian

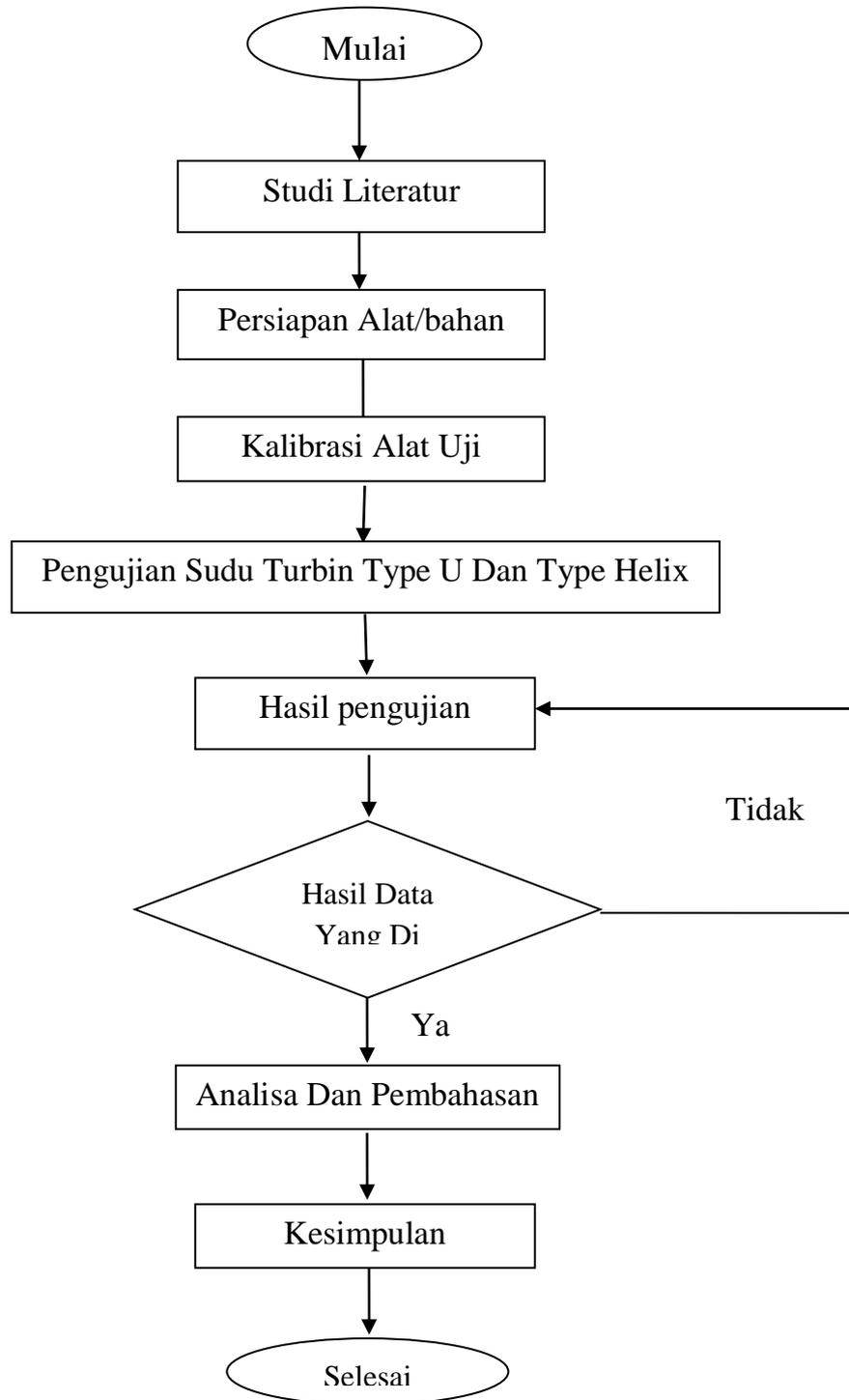
3.4 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian turbin angin ini ditetapkan suatu variabel penelitian, sebab suatu variable penelitian merupakan parameter utama yang mempengaruhi hasil penelitian yang akan di capai.

Tabel 3.2 Variable Penelitian

No	Va (m/s)	Rpm (n)	Volt (v)	P (W)
1	30	216.5	3.79	0.01929
2	60	217.1	4.11	0.02581
3	90	218.7	4.26	0.03135

3.5 Diagram Alir Penelitian.



Gambar 3.9 Diagram Alir Pengujian.

3.6. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian ini sebagai berikut:

1. Menyiapkan windtunnel sebagai alat penelitian
2. Menyiapkan sudu type u dan type helik
3. Menyiapkan anemometer sebagai alat untuk menghitung kecepatan
4. Menyiapkan multi tester sebagai pengukur tegangan
5. Menyiapkan tachometer sebagai alat untuk mengukur rotasi

3.7. Perosedur Pengambilan Data

pengambilan data pengujian pada kecepatan angin 4 m/s dan 5 m/s, dengan pemindah daya dan putaran menggunakan sudu type u dan sudu type heliks dengan waktu perdetik 30, 60 dan 90 m/s

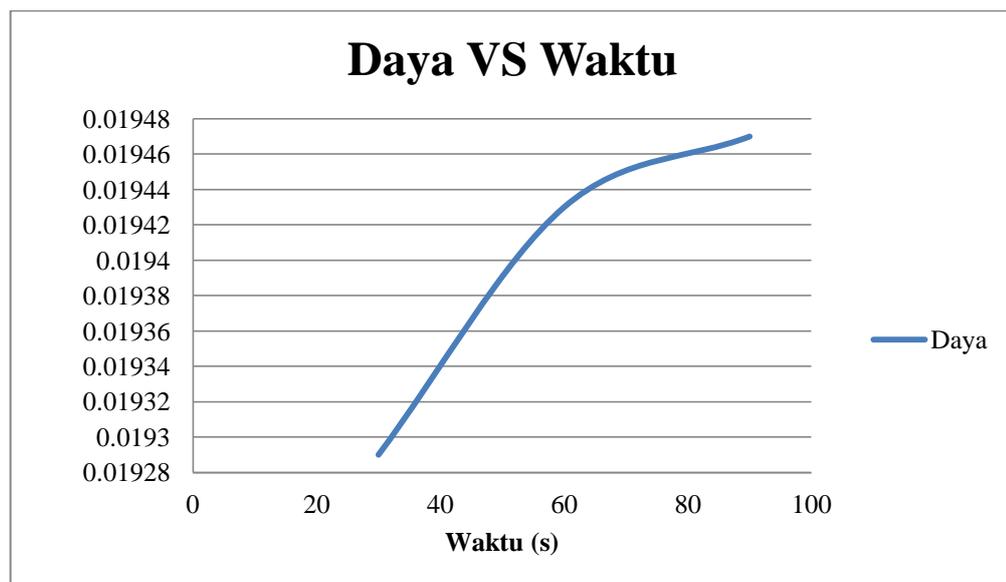
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Dan Pembahasan Daya Listrik Untuk Turbin Type Helix

Dari hasil pengukuran di lapangan diperoleh hasil pengukuran seperti terlihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran kecepatan angin 3 m/s

NO	t(s)	P(w)	n(rpm)	V(volt)
1	30	0.01929	216.5	3.79
2	60	0.01943	215.5	3.81
3	90	0.01947	215.7	5.17

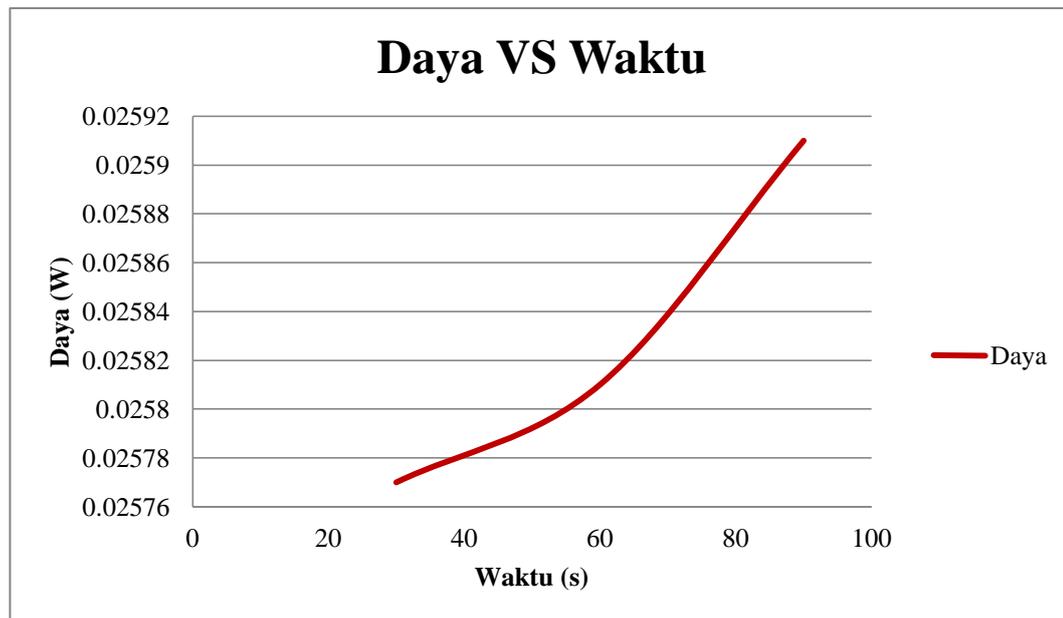


Gambar 4.1 Grafik daya listrik pada kecepatan angin 3 m/s

Pada grafik di gambar 4.1 terlihat bahwa dengan kecepatan angin 3 m/s menghasilkan daya secara fluktuatif meningkat jika dibandingkan dengan variasi kecepatan angin lainnya. Jika kecepatan meningkat dari 3 m/s menjadi 4 m/s sampai dengan kecepatan angin 5 m/s menghasilkan daya yang lebih besar, hal karena pengaruh besar terjangan ke tiap-tiap sudu turbin.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran kecepatan angin 4 m/s

NO	t(s)	P(w)	n(rpm)	V(volt)
1	30	0.02577	217.5	4.11
2	60	0.02581	217.1	4.11
3	90	0.02591	216.7	4.12

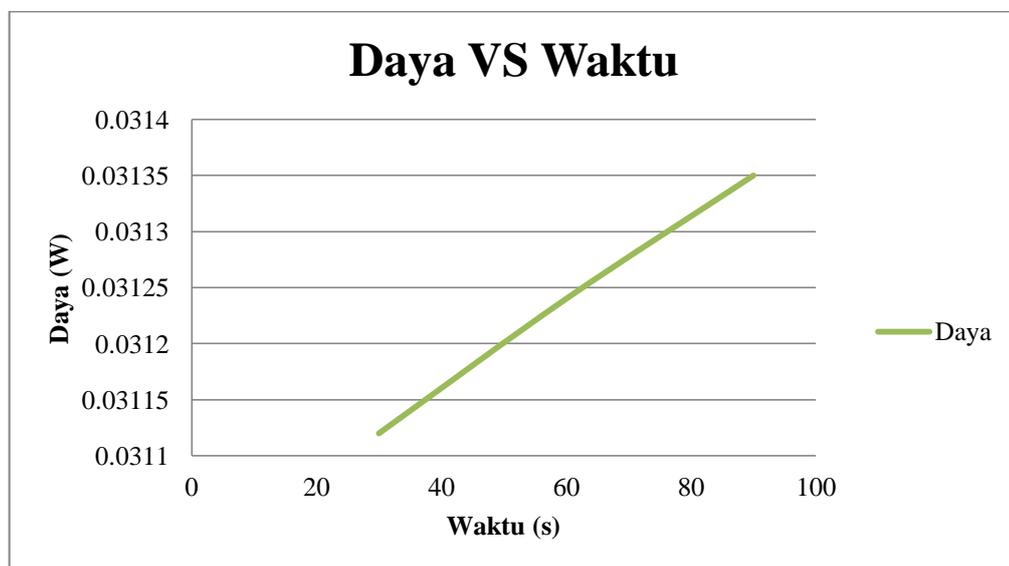


Gambar 4.2 Grafik daya listrik pada kecepatan angin 4 m/s

Pada grafik di gambar 4.3 juga terlihat bahwa terjangan awal menghasilkan daya listrik yang paling besar pada kecepatan angin 5 m/s dibandingkan dengan setelah beroperasi turbin, tetapi masih juga fluktuatif.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran kecepatan angin 5 m/s

NO	t(s)	P(w)	n(rpm)	V(volt)
1	30	0.03112	218.2	4.24
2	60	0.03124	218.5	4.25
3	90	0.03135	218.7	4.26

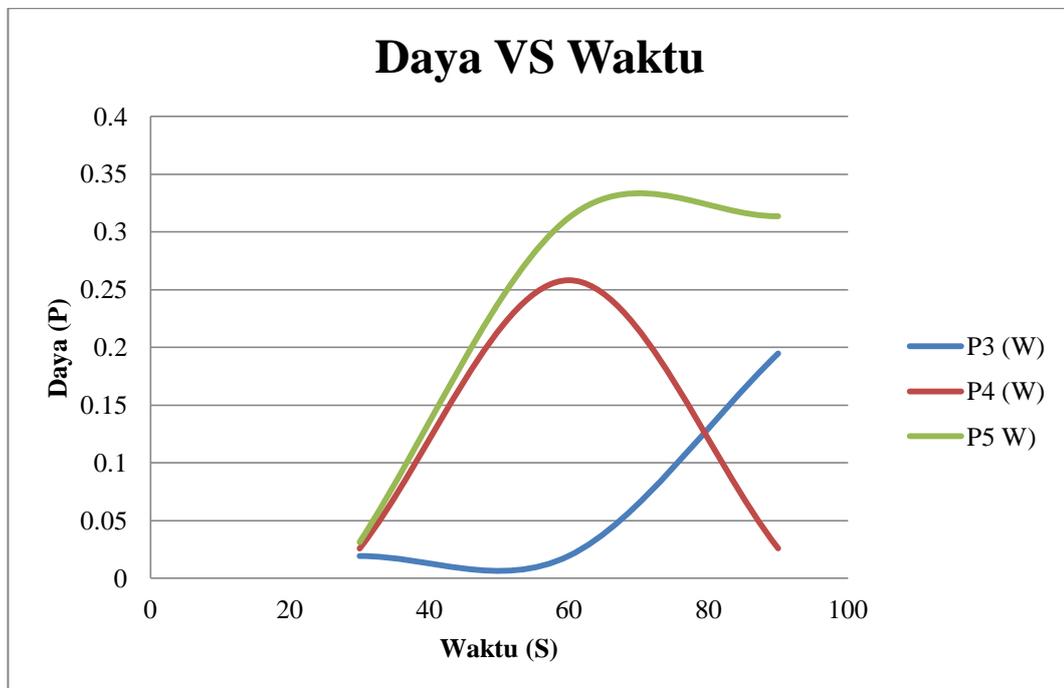


Gambar 4.3 Grafik daya listrik pada kecepatan angin 5 m/s

Dari hasil data turbin angin type Helix masing-masing daya listrik yang dihasilkan pada tiap-tiap kecepatan angin dapat terlihat pada tabel 4.4 dan gambar grafik 4.4 menunjukkan hasil pada kecepatan angin 5 m/s yang paling tinggi dihasilkan daya. Daya maksimal yang dihasilkan pada kecepatan 3 m/s adalah 0.0406 Watt, pada kecepatan angin 4 m/s adalah 0,286 Watt dan pada kecepatan angin 5 m/s adalah 0,0378 Watt.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran hasil rekapitulasi daya listrik

t(s)	P ₃ (w)	P ₄ (W)	P ₅ (W)
30	0.01929	0.02577	0.0313
60	0.01943	0.2581	0.3123
90	0.1947	0.02591	0.3135



Gambar 4.4 Grafik rekapitulasi daya listrik pada beberapa kecepatan angin.

Daya rata-rata yang dihasilkan masing-masing variasi kecepatan angin adalah:

$$P_{\text{rata-rata}(3 \text{ m/s})} = \frac{0.01929 + 0.01943 + 0.01947}{10}$$

$$= 0,0406Watt$$

$$P_{rata-rata(4\ m/s)} = \frac{0,02577 + 0,2581 + 0,02591}{10}$$

$$= 0,286Watt$$

$$P_{rata-rata(5\ m/s)} = \frac{0,0313 + 0,3123 + 0,3135}{10}$$

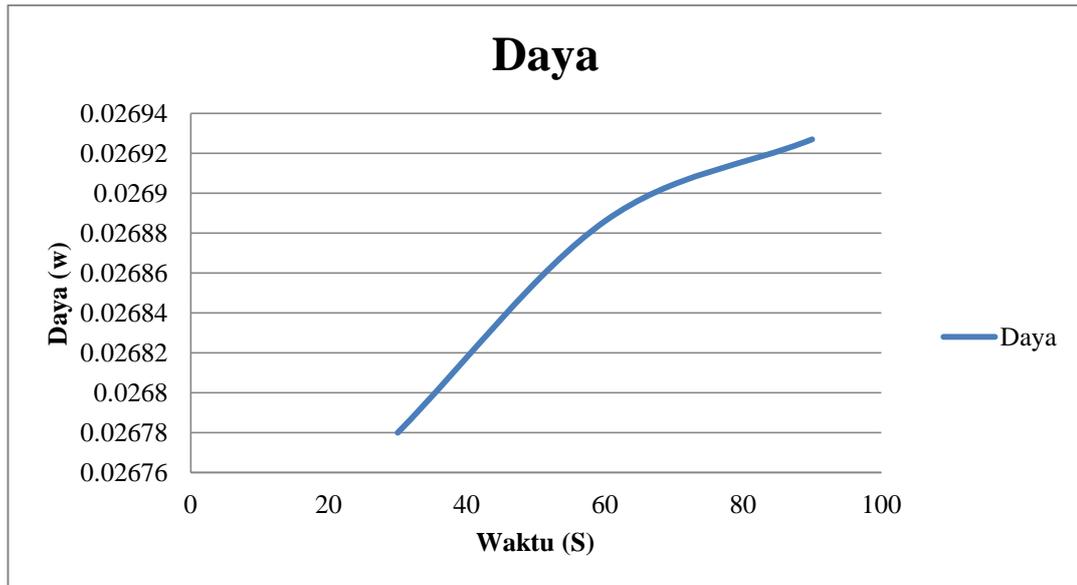
$$= 0,374Watt$$

4.2 Analisa Dan Pembahasan Daya Listrik Untuk Turbin Type U

Tabel 4.5 Hasil pengukuran kecepatan angin 3 m/s

NO	t(s)	P(w)	n(rpm)	V(volt)
1	30	0.02678	245.7	4.12
2	60	0.026886	253.3	4.13
3	90	0.026927	255.4	4.13

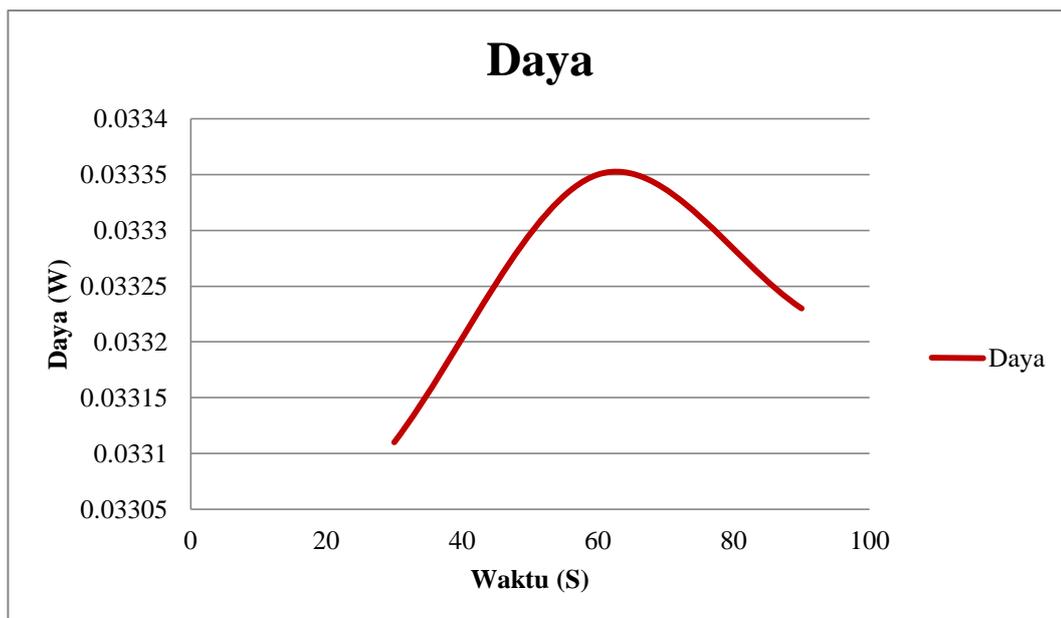
Untuk turbin type U terlihat pada grafik di gambar 4.5 bahwa dengan kecepatan angin 3 m/s menghasilkan daya lebih fluktuatif meningkat jika dibandingkan dengan variasi kecepatan angin lainnya. Jika kecepatan meningkat dari 3 m/s menjadi 4 m/s sampai dengan kecepatan angin 5 m/s menghasilkan daya yang lebih besar, hal karena pengaruh besar terjangan ke tiap-tiap sudu turbin.



Gambar 4.5 Grafik daya listrik pada kecepatan angin 3 m/s

Tabel 4.6 Hasil pengukuran kecepatan angin 4 m/s

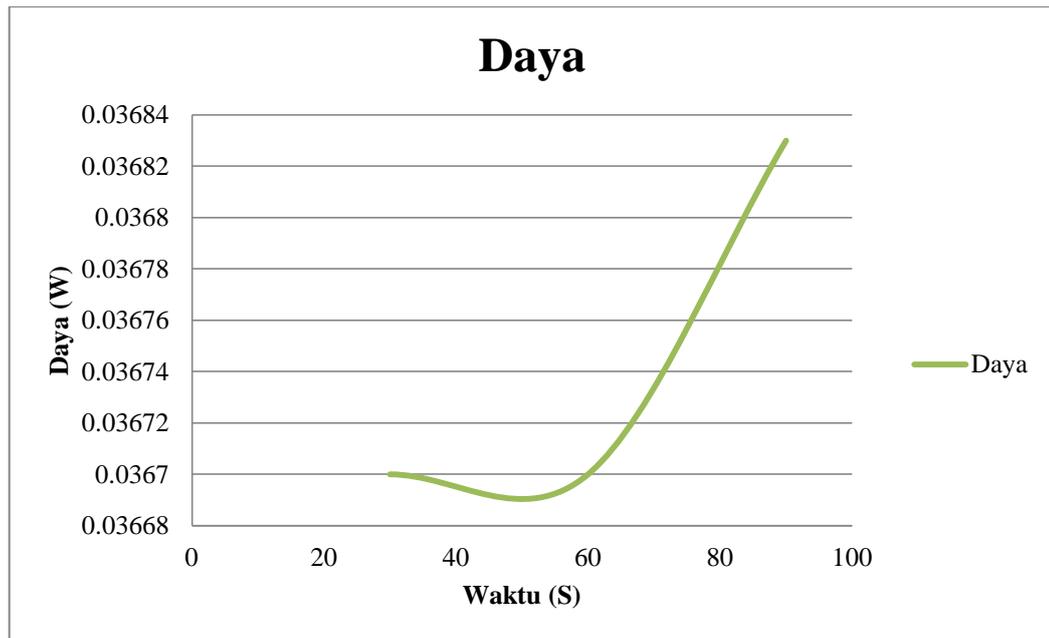
NO	t(s)	P(w)	n(rpm)	V(volt)
1	30	0.03311	247,8	4.34
2	60	0.03335	251.8	4.36
3	90	0.03323	256.4	4.35



Gambar 4.6 Grafik daya listrik pada kecepatan angin 4 m/s

Tabel 4.7 Hasil pengukuran kecepatan angin 5 m/s

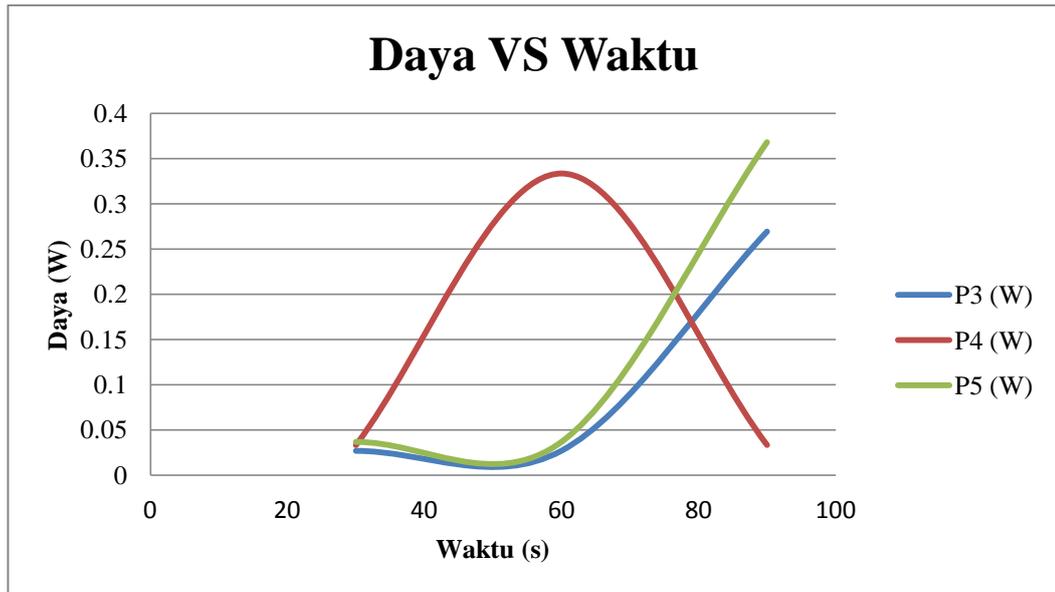
NO	t(s)	P(w)	n(rpm)	V(volt)
1	30	0.0367	248,5	4.47
2	60	0.0367	255.8	4.47
3	90	0.03683	257.6	4.48



Gambar 4.7 Grafik daya listrik pada kecepatan angin 5 m/s

Tabel 4.8 Hasil pengukuran hasil rekapitulasi daya listrik

t(s)	P ₃ (w)	P ₄ (w)	P ₅ (w)
30	0.02678	0.03311	0.03669
60	0.02689	0.3335	0.03669
90	0.2693	0.03323	0.3682



Gambar 4.8 Grafik rekapitulasi daya listrik pada beberapa kecepatan angin Type U.

Dari tabel 4.8 diperoleh daya rata-rata bahwa:

$$P_{\text{rata-rata}(3 \text{ m/s})} = \frac{0,02678 + 0,02689 + 0,2693}{10}$$

$$= 0.080 \text{ Watt}$$

Begitu juga untuk $P_{\text{rata-rata}}(4 \text{ m/s})$ adalah 0,369 Watt dan $P_{\text{rata-rata}}(5 \text{ m/s})$ adalah 0,1102 Watt.

Dari hasil rekapan turbin type U masing-masing daya listrik yang dihasilkan pada tiap-tiap kecepatan angin dapat terlihat pada tabel 4.4 dan gambar grafik 4.4 menunjukkan hasil pada kecepatan angin 5 m/s yang paling tinggi dihasilkan daya. Daya maksimal yang dihasilkan pada kecepatan 3 m/s adalah 0.080 Watt, pada kecepatan angin 4 m/s adalah 0,369 Watt dan pada kecepatan angin 5 m/s adalah 0,1102 Watt.

4.3 Perhitungan Komponen Turbin

4.3.1 Perhitungan Poros

Pada penelitian ini dibuat jenis type rotor turbin angin *savonius* sudu type U dan type Helix dengan ukuran tinggi dan diameter yang sama yaitu:

$$P = \text{Daya} = 5 \text{ Watt} = 0,005 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} n &= \text{Putaran Poros} &= 50 \text{ rpm} \\ f_c &= \text{Faktor Koreksi} &= 1,2 \end{aligned}$$

untuk nilai f_c dapat kita lihat pada tabel 2.1. Tabel 4.1. Faktor Koreksi daya yang akan ditranmisikan, f_c .

Dengan menggunakan persamaan (2.11), maka daya rencana (P_d) kW;

$$P_d = f_c \times P$$

Dimana ;

$$\begin{aligned} P_d &: \text{daya rencana} \\ f_c &: \text{factor koreksi} &= 1,2 \\ P &: \text{daya} &= 0,005 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka daya rencana ;

$$P_d = 1,2 \times 0,005 = 0,006 \text{ kW}$$

Jika momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah T (kg.mm), dengan menggunakan persamaan (2.12), maka

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n} \\ T &= 9.7400 \times \frac{0,006}{50} = 9.74000 \times 0,00012 \text{ T} = \\ &= 116,88 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

Bila momen rencana T (kg.mm) dibebankan pada suatu diameter poros d_s (mm), dengan menggunakan persamaan (2.13), maka tegangan geser τ (kg/mm²) yang terjadi adalah :

dan terlebih dahulu dicari diameter 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) S-Cr22 dengan perlakuan panas dan pengerasan kulit , sebab bahan tahan dengan keausan dan banyak dijual dipasaran. Kekuatan tariknya $\sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$ sesuai dengan sifat bahan.

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

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{sf1 \times sf2} = \frac{58}{6 \times 2} = 4,8333 \text{ kg/mm}^2$$

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 didapat rumus menghitung diameter poros ds (mm) ;

$$ds = \left[\frac{5,1}{\tau_a} Kt Cb T \right]^{1/3} = \left[\frac{5,1}{4,8333} 1,5 \times 2 \times 116,88 \right]^{1/3}$$

$$ds = [739,9713]^{1/3} = 7,178 \approx 8 \text{ mm}$$

karena harga terdahulu lebih kecil yaitu 7,178 mm, maka harga dari tabel diameter poros diambil 8 mm. Setelah diameter poros diperoleh, maka tegangan gesernya (τ) adalah :

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{\left(\frac{\pi ds^3}{16}\right)} = \frac{5,1}{ds^3} = \frac{5,1 \times 116,88}{8^3} \\ &= \frac{596,088}{1,8860} = 319,447 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

4.3.2 Perhitungan Dimensi Sudu

Adapun tenaga total aliran angin yang mengalir adalah sama dengan laju energi kinetik aliran yang datang yang dirumuskan dengan persamaan (2.8) [10]:

$$P_{total} = \frac{1}{2_{gc}} \rho A V^3$$

Dimana :

$$\rho \quad : \text{ massa jenis angin} = 1,1514 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

- A : luas rotor turbin (m^2)
V : kecepatan aliran angin = 6 m/s (asumsi)
 g_c : factor konversi = 1,9 kg/N.s²)
P_{tot} : Daya = 5 Watt

$$5 = \frac{1}{2 \times 1.9} 1,1514 \times A \times 6^3$$

$$A = \frac{2 \times 1,9 \times 5}{1,1514 \times 216} = \frac{19}{248,70} = 0,0763 m^2$$

Jadi luas rotor turbin savonius adalah 0,076 m²

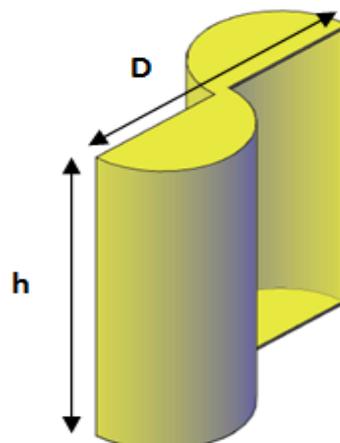
Rancangan sudu pada turbin angin savonius ini dengan diameter rotor dan panjang rotor (D dan h). Untuk rancangan ini dipilih perbandingan diameter rotor dengan tinggi rotor (D/h) sebesar 0,8. Dengan diameter rotor yang lebih kecil kesanggupan *start up* juga lebih kecil.

Luasan rotor turbin angin adalah 0,076 m², yang dirumuskan dengan persamaan :

$$A = D \times h$$

Dimana :

- A : luas rotor = 0,076 m²
D : diameter rotor
h : tinggi rotor



Gambar 4.9 Dimensi turbin

jadi :

$$0,076 = D \times t$$

$$D/t = 0,8$$

$$D = 0,8 t$$

$$0,076 = 0,8 t \times t$$

$$0,076 = 0,8 t^2$$

$$t^2 = \frac{0,076}{0,8}$$

$$t = 0,309 \text{ m}$$

maka : $t = 0,309 \text{ m} = 30,9 \text{ cm} = 309 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$ dan diameter turbin angin adalah ;

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

$$D = 0,8 \times 309 \text{ mm} = 247,219 \text{ mm} \approx 240 \text{ mm}$$

Karena mempertimbangkan dimensi wind tunnel maka diambil tinggi turbin 25 cm dan diameter 14 cm, sehingga daya maksimum:

$$P_{\max} = \frac{8}{27 \times 1,9} 1,1514 \times 0,30 \times 0,24 \times 216$$

$$= 2,79 \text{ Watt}$$

maka perhitungan Efisiensi teoritis ideal rotor.

$$\eta_{\text{turbin}} = \frac{P_{\max}}{P_{\text{tot}}} \times 100\%$$

$$= \frac{2,79}{5} \times 100\%$$

$$= 55,8\%$$

Dapat dikatakan turbin angin savonius mengkonversikan tidak lewat dari 55,8% dari daya total angin menjadi tenaga berguna.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil evaluasi turbin angin type Helix masing-masing daya listrik yang dihasilkan pada tiap-tiap kecepatan angin dapat terlihat pada tabel 4.4 dan gambar grafik 4.4 menunjukkan hasil pada kecepatan angin 5 m/s yang paling tinggi dihasilkan daya 0.378 Watt. Daya maksimal yang dihasilkan pada kecepatan 3 m/s adalah 0.0406 Watt, pada kecepatan angin 4 m/s adalah 0,286 Watt dan pada kecepatan angin 5 m/s adalah 0,378 Watt.

Untuk hasil data turbin angin type U masing-masing daya listrik yang dihasilkan pada tiap-tiap kecepatan angin dapat terlihat pada tabel 4.4 dan gambar grafik 4.4 menunjukkan hasil pada kecepatan angin 5 m/s yang paling tinggi dihasilkan daya 0.1102 Watt. Daya maksimal yang dihasilkan pada kecepatan 3 m/s adalah 0.080 Watt, pada kecepatan angin 4 m/s adalah 0,369 Watt dan pada kecepatan angin 5 m/s adalah 0,1102 Watt.

Dari penjelasan dihasilkan bahwa turbin type U menghasilkan lebih tinggi daya listrik, jika dibandingkan dengan type Helix sesuai dengan hasil pengukuran eksperimental.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan daya listrik yang besar dibutuhkan dimensi yang lebih besar dan kecepatan angin yang dibutuhkan juga harus stabi sehingga tidak terjadi fluktuasi yang besar. Kerapatan udara juga dibutuhkan untuk menaikkan daya listrik. Perawatan turbin angin sebaiknya dilakukan 1 bulan sekali terutama pada gear poros, gear dynamo dan mengecek baut bila terdapat baut yang kendur.

DAFTAR PUSTAKA

- Astu Pudjanarso, (2006). Kincir Angin. Denmark. Hal. 21.
- Carlos Simao Ferreira, Gerard van Bussel, Fulvio Scarano, Gijs van Kuik, 2D PIV Visualization of Dynamic Stall on a Vertical Axis Wind Turbine, Delft University of Technology, Delft, 2629 HS, The Netherlands.
- C. H. Oh, Lacy J. M, Numerical Calculations of Wind Flow in a Full-Scale Wind Test Facility, 10th International Conference on Wind Engineering June, 1999, INEEL.
- Fraden Jacob, Handbook Of Modern Sensors Physics, Designs , and Applications Third Edition *Advanced Monitors Corporation San Diego, California, AIP Press, 2003.*
- <https://id.m.wikipedia.org/wiki/>. Jenis – Jenis Turbin Angin, Di Akses tanggal 17 September 2019
- Irabu Kuno, Roy Nat Jitendro, Characteristics of Wind Power On Savonius Rotor Using a Guide-box Tunnel, ScienceDirect, ELSEVIER, 2007.
- Karakteristik turbin angin savonius. Diakses dari <http://repository.usd.ac.id>.
- Karnowo, Pengaruh Perubahan Overlap Sudu Terhadap Torsi Yang Dihasilkan Turbin Savonius Tipe U, Majalah Ilmiah STTR Cepu, No. 8 tahun 2008.
- Khandakar Niaz Morshed, Experimental and Numerical Investigation on Aerodynamic Characteristics of Savonius Wind Turbine With Various Overlap Ratios, Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh, 2005.
- Mittal Neeraj, Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT, Department of Mechanical Engineering University of Strathclyde, 2001.
- Muktamar Michel (1922), Cara kerja turbin angin. Diakses dari https://www.academia.edu/30117178/TURBIN_ANGIN_SAVONIUS.
- Philip-Chandy, R., Morgan,R and Scully, P.J. Drag force flowmeters. In: *Mechanical Variables Measurement*, J. Webster, ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 2000(belum dapat jurnalnya).
- Rofail A.W, Aurelius L.J, Performance Of An Auxiliary Natural Ventilation System, Windtech Cobustion Pty Ltd, 11AWES Workshop, Darwin 2004
- Ritten Markus, Kessler Rolland, Konstantinow Mikhail, Urban Wind-Concentrator Tower for energy Conversion, V European Conference on

Computational Fluid Dynamics ECCOMAS CFD 2010, Lisbon , Portugal.

Ragheb. M, Wind Energy Converters Concepts, 2012.

https://www.researchgate.net/publication/224137242_Wind_Turbine_Gearbox

Diakses pada tanggal 12 Desember 2019

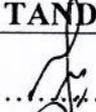
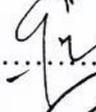
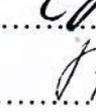
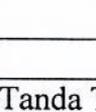
Terrence Sankar, Murat Tiryakioglu, Design and Power Characterization of a Novel Vertical Axis Wind Energy Conversion System (VAWECS), Robert Morris University, 6001 University Boulevard Moon Township, PA 15108, USA.

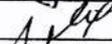
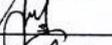
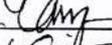
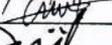
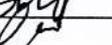
LAMPIRAN

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

Peserta seminar

Nama : Ebit Susandri
 NPM : 1307230030
 Judul Tugas Akhir : Analisa Kecepatan Aliran Pada Sudu Turbin Angin Savo-
 Nius Type U Dan Type Helik.

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230057	KOFO SUPARTMAWAN	
2	1307230100	Riki Juliansyah	
3	1307230160	ABDUSALAM	
4	1307230205	IBRAHIM HOLID	
5	1307230174	DRIS	
6	1507230011	DICKY JULIANTO	
7	1507230082	DENU ANGGARA	
8			
9			
10			

Medan, 11 Rajab 1441 H
03 Maret 2020 M

Ka.Prodi Teknik Mesin


Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Ebit Susandri
NPM : 1307230030
Judul T.Akhir : Analisa Kecepatan Aliran Pada Sudu Turbin Angin Savonius
Type U Dan Type Helik

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

KEPUTUSAN

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

1. harus pada meeting tugas akhir

.....

.....

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....

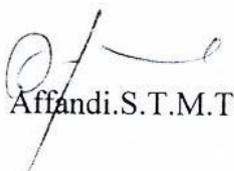
.....

.....

.....

Medan 10 Rajab 1441 H
03 Maret 2020 M

Diketahui :
Ka.Prodi T .Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding - I


Bekti Suroso.S.T.M.Eng

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

NAMA : Ebit Susandri
NPM : 1307230030
Judul T.Akhir : Analisa Kecepatan Aliran Pada Sudu Turbin Angin Savonius
Type U Dan Type Helik

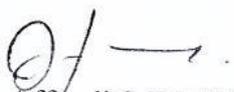
Dosen Pembimbing - I : H. Muharnif. S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar. S.T.M.T
Dosen pembeding - I : Bekti Suroso. S.T.M.Eng
Dosen Pembeding - II : Ahmad Marabdi Srg. S.T.M.T

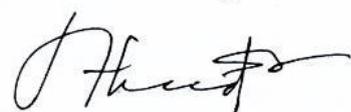
KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - ⊙ sesuaikan judul & pengambilan data...
 - ⊙ perbaiki diagram alir
 - ⊙ perbaiki prosedur
 - ⊙ lihat buku laporan skripsi yg telah diperiksa
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 10 Rajab 1441 H
03 Maret 2020 M

Diketahui :
Ka.Prodi T .Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembeding - II

Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T



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

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

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 302IL.3AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 27 Februari 2019 dengan ini Menetapkan :

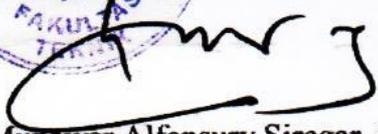
Nama : EBIT SUSANDRI
Npm : 1307230030
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : X11 (Dua Belas)
Judul Tugas Akhir : ANALISA KECEPATAN ALIRAN PADA SUDU TURBIN ANGIN
SAVONIUS DENGAN SUDU TYPE - U DAN TYPE HELIXS

Pembimbing 1 : H MUHANIF ST. M.Sc.
Pembimbing 11 : CHANDRA A. SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal
Medan 22 JUMADILAKHIR 1440 H
27 Februari 2019 M
Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Kecepatan Aliran Pada Sudu Turbin Angin Savonius Type – U Dan Type Helix

NAMA : EBIT SUSANDRI

NPM : 1307230030

PEMBIMBING I : Muharnif, S.T., M.T

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

No	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	Selasa 22/10 - 2019	- pahami rumusan masalah	f
		- lengkapi penjelasan kuany lingkup	
	Kamis 7/11 - 2019	- perbaiki Bab 1 dan Bab 2.	f
		- perbaiki rumus dan sesuaikan gambar.	
	Sabtu 23/11 - 2019	- lanjut ke Bab 3.	f
		- perbaiki lagi	f
	Rabu 11/12 - 2019	- perbaiki lagi Bab 3	
	Kamis 10/01 - 2020	- lanjut ke Bab 4.	f
		- perbaiki lagi	f
	Jumat 21/02 - 2020	- Bab 3 dan Bab 4.	
		- perbaiki Bab 4 dan Bab 5.	f
		- konsultasi dengan pembimbing 2.	f
	Sabtu 22/02 - 2020	- perbaiki format	f
		- Acc seminar	
	Sabtu 22/02 - 2020	- Acc Seminar	f

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : EBIT SUSANDRI
NPM : 1307230030
Tempat /Tanggal Lahir : Subulussalam, 02 Februari 1992
Agama : Islam
Alamat : Jl. Teuku Umur Dusun Siaga Desa. Subulussalam Utara
Kec. Simpang Kiri, Kota Subulussalam
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Anak Ke : 1 dari 6 bersaudara
No. Hp : 082168458030
Telp : -
Setatus Perkawinan : Belum Menikah
Email : ebitsusandribrt92@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Sahidin
Ibu : Siti Jalera

PENDIDIKAN FORMAL

1999 – 2005 : SD N 3 Simpang Kiri, Kota subulussalam
2005 – 2008 : SMP N 1 Simpang Kiri, Kota Subulussalam
2008 – 2011 : SMK N 1 Simpang Kiri, Kota Subulussalam
2013 – 2020 : Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara