

TUGAS AKHIR

**STUDI EXPERIMENTAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN
VERTIKAL DENGAN MENGGUNAKAN TIGA PROPELER
BERBENTUK KERUCUT BERBAHAN DASAR KOMPOSIT**

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Dari Syarat-Syarat Yang Diperlukan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)*

Disusun Oleh :

Ari Wijaya

NIM : 1705903010024

Bidang Keahlian Teknik Konversi Energi



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TEUKU UMAR**

2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id, email: teknik@utu.ac.id

LEMBARAN SIDANG TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini dengan judul "Studi Experimental Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit ", disusun oleh:

Nama : Ari Wijaya
Nim : 1705903010024
Bidang : Teknik Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin

Telah disetujui untuk diseminarkan pada tanggal 04 Oktober 2021 dan dinyatakan LULUS serta dapat melanjutkan pada Sidang Tugas Akhir, guna memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik (S.T) pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.

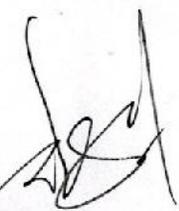
Alue Peunyareng, 04 Oktober 2021

Disetujui,

Pembimbing I

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Mesin


Maldi Saputra, ST., MT
NIP.198105072015041002



Maldi Saputra, ST., MT
NIP.198105072015041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN

Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59

Laman: www.utu.ac.id, email: teknik@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Dinyatakan LULUS setelah diperthankan didepan Tim Penguji Tugas Akhir guna memenuhi salah satu syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, 04 Oktober 2021

Nama : Ari Wijaya
Nim : 1705903010024
Bidang : Teknik Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Studi Exprimental Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal
Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit.

Aluc Peunyareng, 04 Oktober 2021.

Disetujui,

- 1 Maldi Saputra, ST., MT
NIP.198105072015041002
- 2 Herdi Susanto, ST., MT
NIDN.0122098102
- 3 Zakir Husin
NIDN. 0130017202

.....
(Pembimbing I)

.....
(Penguji I)

.....
(Penguji II)

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Mesin

Maldi Saputra, ST., MT

NIP.198105072015041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id, email: teknik@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Tugas Akhir guna memenuhi salah satu syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, 04 Oktober 2021.

Nama : Ari Wijaya

Nim : 1705903010024

Bidang : Teknik Konversi Energi

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : Studi Exprimental Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal
Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan
Dasar Komposit.

Alue Peunyareng, 04 Oktober 2021.

Mengetahui,

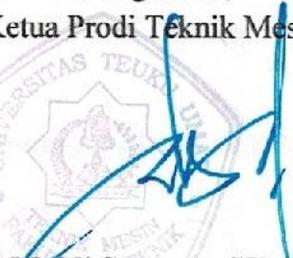
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. M. Isha, MT
NIP. 1962041119890310002

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Mesin



Maldi Saputra, ST., MT
NIP. 198105072015041002

LEMBARAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ari Wijaya

Nim : 1705903010036

Bidang : Teknik Konversi Energi

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : Studi Experimental Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal
Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan
Dasar Komposit "

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini merupakan hasil karya asli saya yang diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh Gelar Strata 1 Prodi Teknik Mesin di Universitas Teuku Umar.
2. Semua sumber yang saya gunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini telah saya cantumkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku Prodi Teknik Mesin di Universitas Teuku Umar. "

Alue Peunyareng, 04 Oktober 2021



Ari Wijaya

NIM. 1705903010024

KATA PERSEMBAHAN

“Sungguh, atas kehendak Allah semua ini terwujud, tiada kekuatan kecuali dengan pertolongan Allah” (Q.S Al-Kahfi : 39)

“Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantara dan orang-orang diberi ilmu mbeberapa derajat” (QS: Al-Mujadilah 1)

“Barang siapa yang menapakki suatu jalan dalam rangka menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga” (HR, Ibnu Majah dan Abu Dawud)

Motto

“Sebaik-Baik Manusia Adalah Orang Yang Bermanfaat Untuk Orang Lain”

“Jadilah Mata Air Yang Jernih Yang Memberikan Sumber Kehidupan Untuk Orang Lain”

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar tapi milik orang yang mau berusaha”

“Tiap – Tiap Kesulitan Pasti Ada Kemudahan”

*Kupersembahkan karya ilmiah ini kepada ibu **Nuraini** dan bapak **Tarmizi** yang selalu memberikan dukungan secara lisan maupun materi, yang memanjatkan doa dan kasih sayang untuk putramu ini tiada mungkin dapat kubalas lewat kertas persembahan ini. Insya Allah atas dukungan dan doa restumu semua mimpi itu akan terwujud dimasa depan nanti.*

*Terimakasih yang tak terhingga untuk Bapak **Maidi Saputra, S.T., M.T** selaku dosen pembimbing spesialku yang banyak memberi nasehat dan membantu disaat kesulitan dalam tugas akhir. Terimakasih kepada seluruh bapak dan ibu dosen Teknik Mesin UTU yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.*

*Terimakasih teman-teman ku **Zammiq Syari S.T** dan **Ari Wijaya** dan **Mitra Joni** dan Teman **Tim Robotic Utu** dan teman seperjuangan **Teknik Mesin 2017** dan teman-teman lainnya semuanya yang selalu membantu, menghibur dan menyemangati ku selama ini terimakasih telah berjuang bersama-sama selama ini, semoga kita senantiasa selalu dalam lindungan Allah SAW, Aminyarabbi...*

Ari Wijaya.,S.T

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. Atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mendapat kesempatan untuk menyelesaikan Penulisan Tugas Akhir yang berjudul: **Studi Experimental Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit**

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan suatu kewajiban bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar. Hal ini dimaksudkan juga agar mahasiswa mendapatkan gambaran yang berhubungan dengan ilmu keteknikan secara khusus. Dalam melaksanakan penelitian ini penulis banyak mendapat ilmu pengetahuan dan pengalaman yang sangat berharga, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta serta keluarga yang telah memberikan dukungan baik doa maupun materi kepada penulis selama ini. Untuk itu penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Kepada Ayahanda dan Ibunda yang telah mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Jasman J.Ma`ruf, SE., MBA , selaku Rektor Universitas Teuku Umar.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Isya. ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar.
4. Bapak Maidi Saputra, ST,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar sekaligus dosen pembimbing 1.

5. Bapak Herdi Susanto, ST., MT. Selaku Dosen Penguji I
6. Bapak Zakir Husin, ST., MT Selaku Dosen Penguji II
7. Kepada seluruh kawan-kawan yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Dalam Penulis Tugas Akhir ini penulis menyadari masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun hasil yang di capai belum maksimal oleh karna keterbatasan ilmu dan kekurangan kekurangan yang penulis miliki, semoga ada kiranya kritikan yang bersifat membangun untuk pelurusan isi Tugas Akhir ini supaya lebih sempurna.

Akhir kalam penulis mengharapkan kiranya tulisan ini dapat bermanfaat baik bagi penulisan sendiri maupun pembaca.

penulis

Ari Wijaya

Studi Experimental Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit

Ari Wijaya

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Teuku Umar.

E-mail : ariwijayaaa7@gmail.com

Abstrak

Energi Terbarukan cara alternatif dalam mengurangi konsumsi energi fosil yang digunakan sebagai pembangkit listrik di Indonesia. Energi fosil merupakan energi yang tidak dapat diperbarui sehingga suatu saat akan habis. Menurut data dalam buku Aceh Barat dalam angka tahun 2013 Kabupaten Aceh barat mempunyai suhu udara rata-rata sebesar 26,5 0C, tekanan udara sebesar 1,010,1 atm, kelembaban udara sebesar 86 %, rata-rata penyinaran matahari perbulan sebesar 41,17 %, rata-rata curah hujan sebesar 255,1 mm serta arah dan kecepatan angin rata-rata sebesar 3 Knot arah Barat, sehingga sangat sesuai untuk dikembangkan sebagai daerah sentra pembangkit listrik tenaga angin di wilayah aceh. Penelitian ini dilakukan dengan meneliti daya keluaran yang dihasilkan generator turbin angin savonius jenis lenz 350 watt. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui putaran maksimal generator yang diterima dari turbin angin vertikal dengan menggunakan tiga propeler berbahan komposit, untuk mengetahui kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga angin dengan spesifikasi generator 350 watt, mengetahui daya keluaran yang dihasilkan oleh generator dari turbin angin. Metode Penelitian ini dimulai dari pengambilan data kecepatan angin, pengambilan data turbin angin, dan pengambilan data keluaran generator, pembuatan sudu angin menggunakan bahan komposit serat *fiberglass* dengan dimensi *propeler* yang direncanakan yaitu diameter 34 cm dan luas lingkaran 908 cm². Putaran Turbin tertinggi diperoleh pada hari ke 2 Jam 13.00 Wib sebesar 61,2 Rpm dan Putaran Turbin terendah diperoleh pada hari ke 2 Jam 10.00 Wib senilai 4,6 Rpm, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 40,5 Rpm. Kecepatan angin tertinggi diperoleh pada hari ke 3 Jam 14.00 Wib senilai 11 mph dan kecepatan angin terendah diperoleh pada hari ke 2 Jam 11.00 Wib sebesar 2,3 mph, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 8.7 mph. Voltase Generator tertinggi diperoleh pada hari ke 2 jam 13.00 Wib sebesar 0,71 Volt dan Voltase Generator terendah diperoleh pada hari ke 1 jam 10.00 Wib sebesar 0,2 Volt, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 0,50 Volt.

Kata kunci : *Energi Angin, Propeler , Turbin Angin, Putaran Turbin, Kecepatan Angin, Arus Keluaran Generator*

Experimental Study of Vertical Wind Power Plant Using Three Conical Propellers Made From Composites

Ari Wijaya

Department of Mechanical Engineering, Teuku Umar University.

E-mail : ariwijayaaa7@gmail.com

Abstract

Renewable Energy is an alternative way to reduce the consumption of fossil energy used for power generation in Indonesia. Fossil energy is non-renewable energy so that one day it will run out. According to data in the Aceh Barat book in 2013 figures, Aceh Barat Regency has an average air temperature of 26.5 0C, air pressure of 1,010.1 atm, humidity of 86%, average monthly solar radiation of 41.17%. , the average rainfall is 255.1 mm and the average wind direction and speed is 3 knots in the west direction, so it is very suitable to be developed as a wind power plant center area in the Aceh region. This research was conducted by examining the output power produced by a 350 watt savonius wind turbine generator. The purpose of this study was to determine the maximum rotation of the generator received from a vertical wind turbine using three composite propellers, to determine the wind speed in a wind power plant with a 350 watt generator specification, to determine the output power generated by a generator from a wind turbine. This research method starts from wind speed data collection, wind turbine data collection, and generator output data collection, making wind blades using fiberglass fiber composite materials with the planned propeller dimensions of 34 cm diameter and 908 cm² circle area. The 2nd hour at 13.00 WIB was 61.2 Rpm and the lowest turbine rotation was obtained on the 2nd day at 10.00 WIB with a value of 4.6 Rpm, with the average value for three days of testing which was 40.5 Rpm. The highest wind speed was obtained on the 3rd day at 14.00 WIT valued at 11 mph and the lowest wind speed was obtained on the 2nd day at 11.00 WIT at 2.3 mph, with an average value over the three test days which was 8.7 mph. The highest generator voltage was obtained on day 2 at 13.00 Wib at 0.71 Volts and the lowest Generator Voltage was obtained on day 1 at 10.00 Wib at 0.2 Volts, with an average value for three days of testing which was 0.50 Volts.

Keywords: *Wind Energy, Propeller, Wind Turbine, Turbine Rotation, Wind Speed, Generator Output CurrentTools.*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBARAN SIDANG TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI	ii
LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
Abstrak.....	vi
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Angin.....	6
2.2.1 Asal Energi Angin.....	7
2.2.2 Definisi Turbin Angin.....	8
2.2.3 Turbin Darrieus	9
2.3 Jenis Turbin Angin Vertikal.....	10
2.3.1 Turbin Savonius	10

2.4 Keuntungan dan Kelemahan Turbin Angin Vertical	11
2.4.1 Keuntungan	11
2.4.2 Kelemahan.....	12
2.5 Prinsip Prinsip Kerja Turbin Angin <i>Savonius</i>	13
2.6 Propeller	13
2.7 Pengertian Komposit.....	14
2.8 Konsep Jumlah <i>Propeller</i>	15
2.9 Fiberglass	16
2.10 Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)	17
2.11 Tip Speed Ratio.....	19
2.12 Persamaan –persamaan Yang Dipakai	20
2.12.1 Daya Angin	20
2.12.2 Volume Udara	21
2.12.3 Putaran Turbin (<i>rpm</i>)	22
2.12.4 Torsi pada turbin	22
2.12.5 Daya Turbin	23
2.12.6 Daya Generator	23
2.12.7 Rasio.....	23
2.12.8 Perbandingan <i>Sprocket</i>	24
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	25
3.2 Metode Penelitian.....	25
3.2.1 Prosedur Pengambilan Data	26
3.2.2 Pengolahan Data.....	26

3.2.3 Hasil dan Pembahasan.....	27
3.3 Desain alat propeler	28
3.4 Alat Dan Bahan Yang Digunakan.....	29
3.4.1 Alat Penelitian.....	29
3.4.2 Bahan Penelitian.....	30
3.5 Diagram Alir	34
3.6 Jadwal Penelitian.....	35
BAB 4 PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Perancangan turbin angin <i>propeller</i>	36
4.2 Hasil Pengambilan Data Kecepatan Angin Dan Putaran Turbin.....	37
4.2.1 Hasil Pengambilan Hari Pertama	37
4.2.2 Hasil Pengambilan Hari Kedua	39
4.2.3 Hasil Pengambilan Hari Ketiga.....	40
4.2.4 Pembahasan Grafik Kecepatan Angin	41
4.2.5 Pembahasan Grafik Putaran Turbin	42
4.2.6 Pembahasan Grafik Voltase Generator	43
4.3 Perhitungan Luas Lingkaran Propeler.....	44
4.4 Perhitungan Daya Turbin Angin	44
4.5 Perhitungan Volume Udara.....	45
4.6 Rasio <i>Sprocket</i> Turbin Angin.....	45
4.7 Perbandingan Sprocket.....	45

BAB 5 PENUTUP.....	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSAKA.....	49
Lampiran Dokumentasi.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sketsa Sederhaana Kincir Angin.....	9
Gambar 2.2 Turbin <i>Darrieus</i>	10
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Turbin Angin Savonius	11
Gambar 2.4 desain <i>propeller</i>	14
Gambar 2.5 . Fiberglass	17
Gambar 2.6 Torsi rotor untuk berbagai jenis Turbin Angin	20
Gambar 3.1 Desain <i>Propeller</i>	28
Gambar 3.2 Generator.....	30
Gambar 3.3 Anemometer	31
Gambar 3.4 Multimeter.....	31
Gambar 3.5 Tachometer.....	32
Gambar 3.6 <i>Sprocket</i>	33
Gambar 3.7 Diagram Alir	34
Gambar 4.1 Turbin Angin propeler Sumbu Vertikal	36
Gambar 4.2 Pengambilan data kecepatan angin	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Table 3.1 Alat Penelitian.....	29
Table 3.2 Jadwal Kegiatan	35
Table 4.1 Hasil pengambilan data turbin angin hari pertama	38
Table 4.2 Hasil pengambilan data turbin angin hari kedua.....	39
Table 4.3 Hasil pengambilan data turbin angin hari ketiga	40
Table 4.4 Grafik Kecepatan Angin	41
Table 4.5 Grafik Putaran Turbin	42
Table 4.6 Grafik Voltase Generator	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi Terbarukan cara alternatif dalam mengurangi konsumsi energi fosil yang digunakan sebagai pembangkit listrik di Indonesia. Energi fosil merupakan energi yang tidak dapat diperbarui sehingga suatu saat akan habis. Indonesia akan mengalami krisis energi jika terus menggunakan bahan bakar fosil sebagai pembangkit listrik secara terus menerus tanpa diimbangi dengan pembangunan pembangkit energi terbarukan. Untuk meminimalisir penggunaan bahan bakar fosil, memanfaatkan energi angin dijadikan untuk menggerakkan turbin angin yang diberi generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik, merupakan cara terbaik untuk menambah energi listrik. (Sumarno et al. 2020).

Pembangkit listrik tenaga angin merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan yang banyak digunakan, karena sifat energi angin yang ramah lingkungan serta mudah dalam pengoperasiannya. Berdasarkan data dari GWEC, jumlah penggunaan pembangkit listrik tenaga angin didunia terus meningkat dengan peningkatan sebesar 20-30% tiap tahun. Menurut data dalam buku Aceh Barat dalam angka tahun 2013 Kabupaten Aceh barat mempunyai suhu udara rata-rata sebesar 26,5 0C, tekanan udara sebesar 1,010,1 atm, kelembaban udara sebesar 86 %, rata-rata penyinaran matahari perbulan sebesar 41,17 %, rata-rata curah hujan sebesar 255,1 mm serta arah dan kecepatan angin rata-rata sebesar 3 Knot arah Barat, sehingga sangat sesuai untuk dikembangkan sebagai daerah sentra pembangkit listrik tenaga angin diwilayah aceh.(Yulianti, Nugrahini, and Sutrisna 2009).

Pada penelitian ini dirancang sebuah generator sistem 1 fasa, jenis fluks aksial dengan menggunakan magnet permanen jenis neodyum iron boron yang berputar pada kecepatan rendah. Generator fluks aksial merupakan salah satu tipe alternatif selain jenis silinder fluks radial. Mesin jenis ini memiliki konstruksi yang kompak dan berbentuk piringan. Penggunaan magnet pada generator jenis fluks aksial ini agar dapat menghasilkan medan magnet pada celah udara tanpa memerlukan sistem eksitasi daya listrik dari luar. Pada generator jenis ini digunakan sistem penguatan sendiri, generator ini berputar pada kecepatan 250 rpm dengan menggunakan 24 pasang magnet. (Noprizal, Syukri, and Syahrizal 2016)

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis melakukan studi eksperimental pembangkit listrik tenaga angin vertikal dengan menggunakan tiga *propeller* berbentuk kerucut berbahan dasar komposit di daerah paya peunaga Meulaboh.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan di bahas pada tugas akhir ini berdasarkan tersebut, adalah

1. Apakah turbin angin vertikal dengan menggunakan tiga propeler berbentuk kerucut berbahan dasar komposit bisa berputar dengan perputaran yang baik untuk dihasilkan
2. Berapakah kecepatan angin yang diperoleh turbin angin untuk memutar generator
3. Berapakah daya keluaran yang dihasilkan generator dari putaran turbin angin vertikal *propeller*.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah penelitian ini hanya membatasi masalah sebagai berikut:

1. Studi eksperimental turbin angin dengan menggunakan tiga propeler
2. Sumber energi yang digunakan adalah energi angin kawasan Suak Ribe Meulaboh.
3. Genarator yang digunakan tiga fasa dc 350 watt

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian turbin angin *vertical* adalah:

1. Untuk mengetahui putaran maksimal generator yang diterima dari turbin angin vertikal dengan menggunakan tiga propeler berbahan komposit
2. Untuk mengetahui kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga angin dengan spesifikasi generator 350 watt
3. Mengetahui daya keluaran yang dihasilkan oleh generator dari turbin angin

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penulis dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu terciptanya pembangkit listrik tenaga angin yang ramah lingkungan Terbuatnya jenis *propeller* berbahan dasar komposit *fiberglass*.
2. Mampu mengoptimalkan keluaran daya tegangan sesuai dengan kebutuhan 350 watt.
3. Memanfaatkan energi angin sebagai energi alternatif yang berguna bagi masyarakat.

BAB 2

TINJAUAN PUSAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

(Forkhan H 2019) Penelitian ini dilakukan dengan meneliti daya keluaran yang dihasilkan generator turbin angin *savonius* jenis *lenz* 350 watt. Adapun tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini untuk mengetahui kecepatan angin pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) dengan spesifikasi generator 350 watt, mengetahui berapa kecepatan maksimal putaran generator yang diterima dari turbin angin *savonius* dan mengetahui daya keluaran yang dihasilkan generator turbin angin. Penelitian ini dimulai dari pengambilan data angin, pembuatan turbin angin, dan pengambilan data generator turbin angin. Pembuatan turbin angin *savonius* jenis *lenz* dimulai dari tahapan desain, pembuatan rangka sudu dengan ukuran 30 cm x 70 cm, dan pembuatan rangka turbin angin menggunakan pipa hollow dengan ukuran masing-masing pipa hollow 3 cm x 3 cm. Kecepatan angin maksimal terjadi pada pukul 11:00 WIB sampai pukul 17:00 WIB dimana nilai kecepatan angin maksimal sebesar 7,72 m/s. Putaran generator turbin angin tertinggi sebesar 170 rpm dari putaran yang dihasilkan turbin angin *savonius* sebesar 62 rpm, dimana diketahui rasio putaran sistem transmisi turbin angin *savonius* sebesar 1:2,75 atau 0,36 rpm. Nilai maksimal tegangan voltase generator turbin angin *savonius* adalah sebesar 4,5 v, dan arus keluaran maksimal yang dihasilkan generator adalah sebesar 3,4 A.

Yusuf Ismail Nakhoda, Chorul Saleh, 2015, melakukan penelitiannya tentang rancang bangun kincir angin pembangkit tenaga listrik sumbu vertikal *Savonius* portabel menggunakan generator magnet permanen. Dalam proses

pembuatan *blade* dipilih bahan material dari pipa PVC dengan diameter 20 cm dan panjang 100 cm, sedangkan untuk rumah *blade* atas dan bawah dari bahan plat besi dengan diameter 80 cm, Pada pengujian dengan pengukuran tegangan generator tanpa beban pada kecepatan putaran rotor generator 50 rpm sampai dengan 500 rpm dihasilkan tegangan keluaran sebesar 4,7 Volt sampai dengan 44,1 Volt. Sedangkan besarnya tegangan listrik yang dihasilkan pada saat pengujian generator magnet permanen dengan beban lampu 70 W adalah 0,02 V sampai dengan 10 V dengan arus 0,60 A sampai dengan 4,53 A.

(Noprizal et al. 2016) Generator magnet permanen jenis fluks aksial 1 fasa merupakan sebuah mesin penghasil listrik sederhana dengan putaran pada kecepatan rendah. Generaor ini terdiri dari dua bagian yaitu, stator (diam) dengan 12 buah kumparan setiap masing-masing kumparan memiliki 300 lilitan, dan bagian rotor (berputar) yang terdiri dari 24 buah (kutub) magnet jenis Neodymium (NdFeB) dengan nilai kemagnetan yang tinggi sehingga dapat digunakan dalam proses pembangkitan energi listrik tanpa memerlukan sistem eksitasi daya listrik dari sumber lain untuk membangkitkan tegangan pada mesin ini. Generator ini dirancang dengan tipe coreless stator dengan diameter 30 cm. Generator jenis fluks aksial dapat digunakan pada pemanfaatan energi potensial baik angin maupun air. Perancangan generator jenis ini diperlukan untuk meminimalkan biaya, memperbesar torsi, dan dapat bergerak dengan kecepatan yang bervariasi. Hasil pengujian diperoleh tegangan RMS sebesar 48.90 Vac dengan frekuensi 48.78 Hz pada pengujian tanpa beban dan 20.74 Vac dengan frekuensi 48.58 Hz pada pengujian berbeban dengan putaran 250 rpm. Beban yang digunakan yaitu 2 buah lampu pijar 24 volt 25 watt yang terhubung secara paralel. Dari hasil pengujian

tegangan output generator yang dihubungkan dengan rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa didapat output tegangan 12.12 Vdc pada putaran 250 rpm.

2.2 Angin

Angin adalah aliran udara yang terdiri dari banyak gas di atmosfer bumi. Rotasi bumi, pemanasan yang tidak merata pada atmosfer serta kondisi permukaan bumi yang tidak rata, merupakan faktor utama yang menyebabkan angin. Energi pada angin oleh manusia dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pompa air, sumber pembangkit listrik, dll. Angin merupakan sumber energi berkelanjutan karena bersifat terbarukan, didistribusikan secara luas dan melimpah. Energi angin sebagai kontribusi dalam mengurangi emisi rumah kaca, karena digunakan sebagai bahan energi alternatif pengganti fosil dalam sistem pembangkit energi listrik.

Turbin angin menerima energi kinetik yang dihasilkan oleh angin, dan melalui baling-baling yang terhubung dengan generator, energi angin tersebut dirubah menjadi energi listrik. Angin dapat diklasifikasikan sebagai angin global dan angin lokal. Angin global disebabkan oleh pemanasan matahari dengan intensitas yang besar pada permukaan bumi dekat khatulistiwa. Hal ini menyebabkan peningkatan suhu udara pada daerah tropis yang kemudian mengalir melalui atmosfer atas ke arah kutub, udara dingin dari kutub mengalir kembali ke khatulistiwa. Pengukuran potensi energi angin dilakukan dengan cara mengukur kecepatan angin menggunakan anemometer dan untuk data tahunan diperoleh dari Badan Metrologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun MeulaboSh.

2.2.1 Asal Energi Angin

Segala jenis energi yang dapat diperbaharui dan bahkan energi pada bahan bakar fosil, kecuali energi pasang surut dan panas bumi berasal dari matahari. Matahari dapat meradiasi $1,74 \times 1.014$ Kilowatt jam energi ke bumi setiap jam. Sehingga dapat dikatakan bahwa bumi ini menerima daya $1,74 \times 1.017$ watt. Dari energi tersebut, sekitar 1-2% diubah menjadi energi angin. Jadi, energi angin berjumlah 50 - 100 kali lebih banyak dari pada energi yang diubah menjadi biomassa oleh seluruh tumbuhan yang terdapat di muka bumi. Sebagaimana diketahui, angin terjadi pada dasarnya karena ada perbedaan temperatur antara udara panas dan udara dingin. Daerah sekitar khatulistiwa, yaitu pada busur 0° , adalah daerah yang mendapatkan pemanasan lebih banyak dari matahari dibandingkan dengan daerah lainnya di bumi.

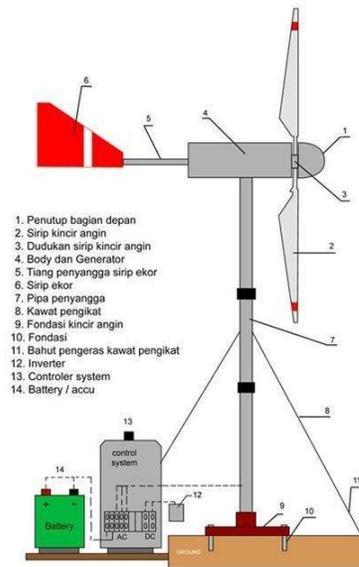
Daerah panas dapat ditunjukkan dengan warna-warna yang berbeda yaitu warna merah, oranye, dan kuning pada gambar inframerah dari temperature permukaan laut yang diambil dari satelit NOAA-7 pada Juli 1984. Udara dingin lebih berat dari pada udara panas sehingga udara panas yang dalam lebih ringan akan naik ke atas sampai mencapai ketinggian sekitar 10 kilometer dan akan tersebar ke arah utara dan selatan. Jika bumi tidak berotasi pada sumbunya, maka udara akan tiba di kutub selatan dan kutub utara, turun ke permukaan lalu kembali ke khatulistiwa. Udara yang bergerak inilah merupakan energi yang dapat diperbaharui, dan dapat digunakan untuk memutar turbin dan akhirnya menghasilkan listrik. (Putranto, Prasetyo, & U, 2011)

2.2.2 Definisi Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat agar mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak digunakan di Belanda Denmark, dan Negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *windmill*.

Pada saat ini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun hingga saat ini penggunaan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Co: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih dalam proses pengembangan oleh para ilmuan-ilmuan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Co: batubara dan minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik. (Putranto, Prasetyo, & U, 2011)

. Cara kerjanya terbilang sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibelakang bagian turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Sketsa sederhana dari kincir angin adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Sketsa Sederhaana Kincir Angin

sumber : (Losung & Makainas, 2011)

2.2.3 Turbin Darrieus

Turbin Darrieus mula-mula diperkenalkan di Perancis pada sekitar tahun 1920-an. Turbin angin sumbu vertikal ini mempunyai bilah-bilah tegak yang berputar kedalam dan keluar dari arah angin (Daryanto, 2007). Rotor Darrieus biasanya bekerja pada rasio kecepatan tip tinggi yang membuatnya menarik sebagai generator listrik tenaga angin. Namun, mereka tidak memulai sendiri dan memerlukan eksternal untuk cut-in. Selain itu, rotor menghasilkan torsi puncak hanya dua kali per putaran. Contoh turbin Darrieus ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 2.2 Turbin *Darrieus*.

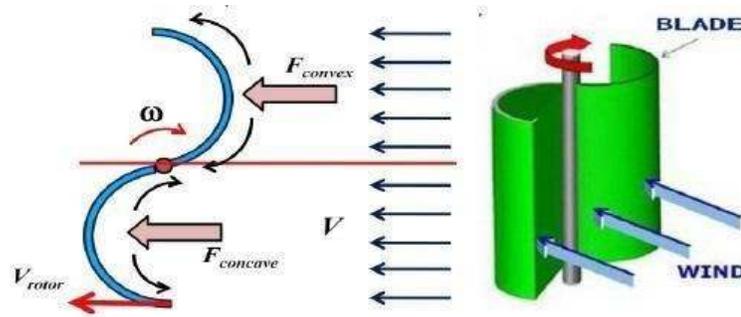
(Sumber: Daryanto (2007))

2.3 Jenis Turbin Angin Vertikal

Turbin sumbu vertikal dibagi menjadi dua jenis yaitu: *Savonius* dan *Darrieus*.

2.3.1 Turbin Savonius

Turbin *Savonius* ditemukan oleh S.J. Savonius diciptakan pertama kali di negara Finlandia dan berbentuk S apabila dilihat dari atas. Turbin jenis ini secara umumnya bergerak lebih perlahan dibandingkan jenis turbin angin sumbu horizontal, tetapi menghasilkan torsi yang besar. Koefisien drag permukaan cekung lebih besar dari permukaan cembung. Oleh karena itu, setengah silinder dengan sisi cekung yang menghadap angin akan mengalami gaya drag lebih besar dari silinder lainnya, sehingga memaksa rotor berputar. Keunggulan lainnya yaitu turbin angin savonius memiliki torsi awal yang baik pada kecepatan angin rendah dibanding turbin angin lainnya. Prinsip kerja turbin angin savonius sangat sederhana. Turbin berputar karena perbedaan gaya drag yang bekerja pada bagian cekung dan cembung pada rotornya.



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Turbin Angin Savonius

(Sumber: Aymane, Darhmaoui, and N. Sheikh, S. 2017)

2.4 Keuntungan dan Kelemahan Turbin Angin Vertical

Turbin angin Vertical mempunyai berbagai macam Keunggulan dan

Kelemahan antara lain adalah :

2.4.1 Keuntungan

Turbin Angin Sumbu Vertical merupakan sebuah tenaga pembangkit listrik yang ramah lingkungan karena hanya memerlukan angin sebagai penggerakannya. Berikut ini adalah keuntungan menggunakan Turbin Angin Sumbu Vertical:

1. Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
2. TASV memiliki sudut airfoil (bentuk bilah sebuah baling-baling yang terlihat secara melintang) yang lebih tinggi, memberikan keaerodinamisan yang tinggi sembari mengurangi drag pada tekanan yang rendah dan tinggi.
3. Desain TASV berbilah lurus dengan potongan melintang berbentuk kotak atau empat persegi panjang memiliki wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu daripada wilayah tiupan berbentuk lingkarannya TASH.
4. TASV memiliki kecepatan awal angin yang lebih rendah daripada TASH. Biasanya TASV mulai menghasilkan listrik pada 10 km/jam (6 m.p.h.)

5. TASV biasanya memiliki tip speed ratio (perbandingan antara kecepatan putaran dari ujung sebuah bilah dengan laju sebenarnya angin) yang lebih rendah sehingga lebih kecil kemungkinannya rusak di saat angin berhembus sangat kencang.
6. TASV bisa didirikan pada lokasi-lokasi dimana struktur yang lebih tinggi dilarang dibangun.
7. TASV yang ditempatkan di dekat tanah bisa mengambil keuntungan dari berbagai lokasi yang menyalurkan angin serta meningkatkan laju angin (seperti gunung atau bukit yang puncaknya datar dan puncak bukit).
8. TASV tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah.
9. Kincir pada TASV mudah dilihat dan dihindari burung (Adityo Putranto, 2011).

2.4.2 Kelemahan

Meskipun Turbin Angin Sumbu Vertical ini memiliki berbagai keuntungan namun memiliki kelemahan. Berikut ini adalah kelemahan dari Turbin Angin Sumbu Vertical:

1. Kebanyakan TASV memproduksi energi hanya 50% dari efisiensi TASH karena drag tambahan yang dimilikinya saat kincir berputar.
2. TASV tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
3. Kebanyakan TASV mempunyai torsi awal yang rendah, dan membutuhkan energi untuk mulai berputar.
4. Sebuah TASV yang menggunakan kabel untuk menyanggahnya memberi tekanan pada bantalan dasar karena semua berat rotor dibebankan pada

bantalan. Kabel yang dikaitkan ke puncak bantalan meningkatkan daya dorong ke bawah saat angin bertiup (Adityo Putranto, 2011).

2.5 Prinsip Prinsip Kerja Turbin Angin *Savonius*

Kincir angin *Savonius* yaitu sumber energi alternatif yang ramah cara kincir angin bekerja yaitu, angin (*energy* kinetik) meniup kincir angin sehingga sudu dan rotor bergerak. Sudu dan rotor akan berputar pada porosnya, putaran sudu dan rotor ini mempengaruhi kumparan stator yang ada di bawah rotor. Dengan rotor berisi magnet dan stator berisi kumparan (generator) maka akan menghasilkan *energy*. Melalui generator tersebut terjadi perubahan *energy* mekanik menjadi energi listrik yang dapat menyalakan lampu. Berdasarkan prinsip aerodinamis, rotor turbin ini memanfaatkan gaya hambat (*drag*) saat mengekstrak energi angin dari aliran angin yang melalui sudu turbin. Koefisien hambat permukaan cekung lebih besar dari pada permukaan cembung. Oleh sebab itu sisi permukaan cekung setengah silinder yang dilalui angin akan memberikan gaya hambat yang lebih besar daripada sisi lain sehingga rotor berputar. Setiap turbin angin yang memanfaatkan potensi angin dengan gaya hambat memiliki efisiensi yang terbatas karena kecepatan sudu tidak dapat melebihi kecepatan angin yang melaluinya. Dengan memanfaatkan gaya hambat, turbin angin *Savonius* memiliki putaran dan daya yang rendah. meskipun demikian turbin *Savonius* tidak memerlukan energi awal memulai rotor untuk berputar yang merupakan keunggulan turbin ini.

2.6 Propeller

Propeller adalah kitiran untuk memutar turbin angin. Kitiran ini memindahkan tenaga dengan mengkonversi energi angin menjadi energi mekanik dengan memutar dua atau lebih propeller kembar dari sebuah poros utama.

Propeller-propeller dari sebuah turbin angin berperan sebagai sayap berputar, dan memproduksi gaya yang mengaplikasikan Prinsip Bernoulli dan Hukum gerak Newton, menghasilkan sebuah perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang bilah tersebut.



Gambar 2.4 desain *propeller*
(Sumber : penelitian, 2021)

2.7 Pengertian Komposit

Komposit juga diartikan adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda, sehingga kita leluasa merencanakan suatu kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan cara mengatur komposisi dari material pembentuknya (Matthews, F.L., Rawlings, RD 1993). Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit terdiri dari bahan utama (matrik) dan penguat (serat). Penguat yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik (pratama, 2011). Kelebihan material komposit dibandingkan dengan logam adalah memiliki sifat mekanik yang lebih baik, tidak mudah korosi, bahan baku

yang mudah diperoleh dengan harga yang ekonomis dan memiliki massa jenis yang rendah dibanding dengan serat mineral (Jones M.R, 1975).

2.8 Konsep Jumlah *Propeller*

Jumlah *propeller (blade)* pada turbin sangat bervariasi dan mempengaruhi setiap kinerja dari turbin angin tersebut. Penggunaan jumlah *propeller* tergantung dari keadaan lingkungan kerja dari turbin dan penggunaan dari turbin tersebut, misalkan pada daerah kecepatan angin rendah orang biasanya menggunakan turbin angin 3 *propeller*, karena *propeller* tersebut bisa menangkap energi angin lebih efektif dari jumlah *propeller* lebih sedikit. Hal ini bisa kita simpulkan bahwa jumlah sudu bisa mempengaruhi dari kinerja turbin angin (Fandhi X Vananda, dkk, 2014).

1. Konsep satu *propeller*, sulit seimbang, membutuhkan angin yang sangat kencang untuk menghasilkan gaya angkat memutar dan menghasilkan *noise* di ujungnya. Konsep ini telah di kembangkan sukses di Jerman.
2. Konsep dua *propeller*, mudah untuk seimbang, tetapi kesetimbangannya masih mudah bergeser. Disain *propeller* harus memiliki kelengkungan yang tajam untuk dapat menangkap energi angin secara efektif, tetapi pada kecepatan angin rendah (sekitar 3 m/s) putarannya sulit di mulai.
3. Konsep tiga *propeller*, lebih setimbang dan kelengkungan *propeller* lebih halus untuk menangkap energi angin secara efektif. Konsep ini paling sering dipakai pada turbin komersial.
4. Konsep Multi *Propeller* (misalnya 12 *Propeller*) justru memiliki efisiensi rendah, tetapi memiliki momen gaya awal yang cukup besar untuk memulai berputar, cocok untuk kecepatan angin rendah walaupun dioperasikan

dengan transmisi gear sampai 1:10 memiliki profil propellernya yang tipis, kecil, kelengkungannya halus dan konstruksi yang solid. Konsep ini banyak dijumpai pada tungin angin untuk keperluan memompa air, menggiling biji-bijian, karena murah dan mampu bekerja pada kecepatan angin rendah sehingga tower tidak perlu terlalu tinggi dan air dapat dipompa secara kontinu.

2.9 Fiberglass

Material fiberglass adalah salah satu jenis bahan fiber komposit yang memiliki keunggulan yaitu kuat namun tetap ringan. Walaupun tidak sekuat dan seingan bahan carbon fiber, fiberglass lebih ulet dan relative lebih murah di pasaran. Fiberglass biasa digunakan untuk bahan pembuatan pesawat terbang, perahu, bodi atau interior mobil, septik tank, tangki air, tong sampah dan lain-lain (Caesar Wiratama, 2017).

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya (Adella Hotnyda Siregar, 2016). Pada komposit fiberglass, komponen penguat tersebut adalah serat kaca. Kaca yang kita kenal sehari-hari memiliki sifat mudah retak dan pecah, hal tersebut diakibatkan karena kekerasan permukaan kaca yang terlalu tinggi, sehingga memudahkan proses perambatan retak permukaan kaca walaupun dengan sedikit saja cacat atau beban. Untuk menghindari retak awal atau cacat pada permukaan kaca tersebut, kaca dibuat benang yang sangat tipis dengan diameter sekitar 5-25 mikrometer. Diameter yang sangat kecil tersebut membuat serat kaca

yang sangat kuat ini tidak diberikan kesempatan untuk mendapat cacat permukaan yang menjadi awal perambatan retak. Serat-serat kaca yang kecil ini di pintal untuk demikian disusun menjadi bentuk jahitan (woven), bulu-bulu yang disatukan membentuk lembaran (chopped strand mat), potongan-potongan kecil (chopped strand) ataupun benang panjang yang kontinyu (continuous roving). Fiberglass juga sering dikenal dengan nama Glass-reinforced plastic (GRP) atau glass-fiber reinforced plastic (GFRP) karena terdiri dari komponen glassfiber dan dikuatkan dengan plastik (resin) (Caesar Wiratama, 2017).



Gambar 2.5 . Fiberglass
(Sumber : penelitian, 2021)

2.10 Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)

Sistem konversi energi angin merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengubah energi potensial angin menjadi energi mekanik poros oleh rotor yang kemudian diubah lagi oleh alternator menjadi energi listrik. Prinsip utamanya yaitu mengubah energi listrik yang dimiliki angin menjadi energi kinetik poros. Besarnya energi yang dapat ditransferkan ke rotor tergantung dari massa jenis udara, luas area dan kecepatan angin. Hal ini selanjutnya akan dibahas pada persamaan-persamaan. (Putranto, Prasetyo, & U, 2011)

Energi kinetik dari suatu massa angin (m) yang bergerak dengan kecepatan (v) yang nantinya akan diubah menjadi energi poros dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \text{ (Nm)} \quad (2.4)$$

Dimana:

m : massa udara yang bergerak (kg)

v : kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik yang terdapat dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor.

Dengan menganggap suatu penampang melintang A , dimana udara dengan kecepatan v mengalami pemindahan volume untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran volume V sebagai persamaan:

$$V = vA \quad (2.5)$$

Dimana:

V : laju volume (m^3)

v : kecepatan angin (m/s)

A : luas area sapuan rotor (m^2)

Sedangkan aliran massa dengan kecepatan udara p sebagai:

$$m = \rho Av \quad (2.6)$$

Persamaan-persamaan diatas menunjukkan bahwa energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang A sebagai energi P yang ditunjukkan dengan persamaan (2.1) dan (2.3) sehingga dapat dihitung besar daya yang dihasilkan dari energi angin yaitu:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.7)$$

Dimana:

P : daya mekanik (W)

v : kecepatan angin (m/s)

ρ : densitas udara (ρ rata-rata : 1,2 kg/m³)

Karena setiap jenis dari turbin angin mempunyai karakteristik aerodinamika yang unik, maka faktor daya sebagai fungsi dari TSR untuk setiap jenis turbin angin juga berbeda-beda. Dengan memasukkan faktor daya C_p , sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya, gaya mekanik aktual yang dapat diperoleh dari energi kinetik pada angin menjadi:

$$P = C_{pr} \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.8)$$

Parameter utama yang mempengaruhi C_p yaitu: jumlah bilah sudu, panjang chord bilah sudu, karakteristik aerodinamis bilah sudu, NREL menambahkan kemampuan sebuah SKEA juga dibatasi oleh rugi-rugi pada generator dan sistem transmisi.

2.11 Tip Speed Ratio

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) merupakan rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* dapat berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin *tipe lift* akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dari pada dengan turbin angin tipe drag. *Tipe speed ratio* dihitung dengan persamaan: (Putranto, Prasetyo, & U, 2011)

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v} \quad (2.9)$$

Persamaan-persamaan yang akan dipakai pada penelitian ini mencakup beberapa hal yaitu sebagai berikut :

Dengan:

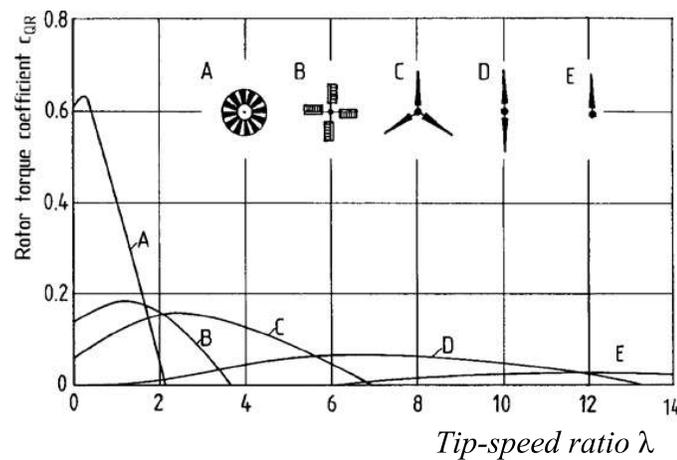
λ = tip speed ratio

D = diameter rotor (m)

n = putaran rotor (rpm)

v = kecepatan angin (m/s)

Gambar di bawah ini menunjukkan variasi nilai *tip speed ratio* dan koefisien daya c_{QR} untuk berbagai macam turbin angin.



Gambar 2.6 Torsi rotor untuk berbagai jenis Turbin Angin

Sumber : (Fadilla, 2015)

2.12 Persamaan –persamaan Yang Dipakai

2.12.1 Daya Angin

Besarnya energi kinetik yang tersimpan pada angin dengan massa (m) dan kecepatan (v) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (2.10)$$

Luas daerah sapuan untuk turbin angin adalah tinggi rotor (H) dikali diameter (D). Sehingga energi kinetik angin yang berhempus dalam satuan waktu (Daya angin) dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_{A=CP\frac{1}{2}.\rho.A.v^3} \quad (2.11)$$

Dimana :

E_k : Energi kinetik

P_A : Daya angin (*Watt*) ρ

C_P : Daya koefisien (0,593)

ρ : Massa Jenis Udara (Kg/m^3)

A : Luas Penampang Sapuan (m^2)

V : Kecepatan Angin (m/s)

2.12.2 Volume Udara

Dimana kecepatan (v) mengalami perubahan volume untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran volume (V) sebagai persamaan :

$$V = v.A \quad (2.12)$$

Dimana :

V : Laju volume (m^3/s)

v : Kecepatan Angin (m/s)

A : Luas Penampang Sapuan (m^2)

2.12.3 Putaran Turbin (*rpm*)

Putaran turbin dipengaruhi oleh kecepatan angin dan diameter dari rancangan turbin. Jika tangensial ujung rotor sama dengan ukuran diameter turbin di perkecil, maka hal tersebut dapat menaikkan putaran, dan dapat diperoleh melalui persamaan berikut :

$$RPM = 60 \frac{\lambda v}{\pi D} \quad (2.13)$$

Dimana :

RPM : Banyak putaran yang dihasilkan (*rpm*)

λ : *Tip Speed ratio*

v : Kecepatan Angin (*m/s*)

D : Diameter Turbin

2.12.4 Torsi pada turbin

Torsi biasa disebut momen atau gaya yang menyatakan benda berputar pada suatu sumbu. Bearnnya torsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T = \frac{30}{\pi \cdot RPM} \quad (2.14)$$

Dimana :

T : Torsi (*Nm*)

P : Daya Rencana5, (*m/s*)

RPM : Putaran Turbin (*rpm*)

Besarnya torsi atau momen putar yang dihasilkan oleh kincir angin bergantung kepada besarnya perbedaan gaya dorong (*drafforce*) yang diberikan oleh angin pada kedua bagian sudu kincir yang berseberangan.

2.12.5 Daya Turbin

Daya turbin merupakan keluaran dari daya angin, daya angin dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$P_T = \omega \cdot T \quad (2.15)$$

Dimana :

P_T : Daya Turbin (*watt*)

ω : Kecepatan sudut (*rad/s*)

T : Torsi (*N.m*)

2.12.6 Daya Generator

Untuk mendapatkan daya generator turbin dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$P_G = V \cdot I \quad (2.16)$$

Dimana :

P_G : Daya Generator (*watt*)

V : Tegangan Listrik (*Volt*)

I : Kuat Arus Listrik (*ampere*)

2.12.7 Rasio

Rasio roda gigi merupakan pengukuran secara langsung kecepatan putaran dari dua roda gigi yang saling bertautan seperti pada persamaan 2.4.

$$R = T_2 / T_1 \quad (2.17)$$

Dimana:

R = Rasio roda gigi

T_1 = Jumlah roda gigi pertama

T_2 = Jumlah roda gigi kedua

2.12.8 Perbandingan *Sprocket*

Untuk mencari perbandingan sprocket yang akan digunakan dapat menggunakan persamaan 2.18 sebagai berikut:

$$N_1 = \frac{N_2 \times D_2}{D_1} \quad (2.18)$$

Dimana:

N_1 = Putaran *sprocket drive* (rpm)

N_2 = Putaran *sprocket driven* (rpm)

D_1 = Diameter *drive* (cm)

D_2 = Diameter *driven* (cm)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Adapun pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada Pesisir Pantai Suak Ribee, Kecamatan Johan Pahlawan. Kabupaten Aceh Barat. Pembuatan alat ini dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Teuku Umar. Adapun waktu perancangan selama 4 (empat) bulan.

3.2 Metode Penelitian

Dalam penyelesaian penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dari awal penelitian hingga diperoleh hasil. Dalam menyelesaikan masalah yang diangkat, diperlukan data-data dalam rangka penyusunan Tugas Akhir ini. Dalam pengumpulan data penulis menggunakan (tiga) metode yaitu :

a. Studi Literatur

Studi melalui buku-buku, jurnal, dan penulisan Tugas Akhir yang bersangkutan dengan penelitian.

b. Alat Kerja dan Bahan

Yaitu dengan menyediakan peralatan kerja yang digunakan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

c. Pengujian/Eksperimental

Yaitu proses yang dilakukan untuk menguji dan meneliti alat yang telah dibuat dan pengambilan kecepatan angin, putaran turbin dan arus keluaran dari generator terhadap turbin angin.

3.2.1 Prosedur Pengambilan Data

Pada penelitian ini terdapat prosedur pengumpulan data yang harus dijalani, adapun prosedur dalam pengumpulan data yang harus diperoleh pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Waktu Pengambilan Data

Pengambilan data pada waktu jam 10:00 WIB pagi sampai dengan jam 17:00 WIB dengan durasi waktu 60 menit sekali.

2. Data Kecepatan Angin

Data kecepatan angin yaitu data yang diperoleh dengan cara mengukur menggunakan *anemometer* pada tempat penelitian langsung di area Pantai Suak Ribeee.

3. Data Putaran Turbin

Data putaran turbin di ukur menggunakan *tachometer* pada poros pembangkit listrik tenaga angin.

4. Data daya keluaran generator

Data keluaran generator yaitu data yang diperoleh dengan cara mengukur menggunakan multimeter pada generator pembangkit listrik tenaga angin.

3.2.2 Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan bagian yang sangat penting dalam metode penulisan tugas akhir ini, karena dengan pengolahan data, data tersebut dapat diberikan arti dan makna yang berguna dalam menyelesaikan masalah penelitian. Dalam penelitian ini terdapat dua bagian pengolahan data yaitu dengan analisa data dan perhitungan.

1. Analisa data

Pada tahap ini diperoleh kecepatan angin, putaran turbin dan tegangan listrik. Data-data ini dapat membantu ketika proses perhitungan proses penelitian pembangkit listrik tenaga angin ini.

2. Perhitungan

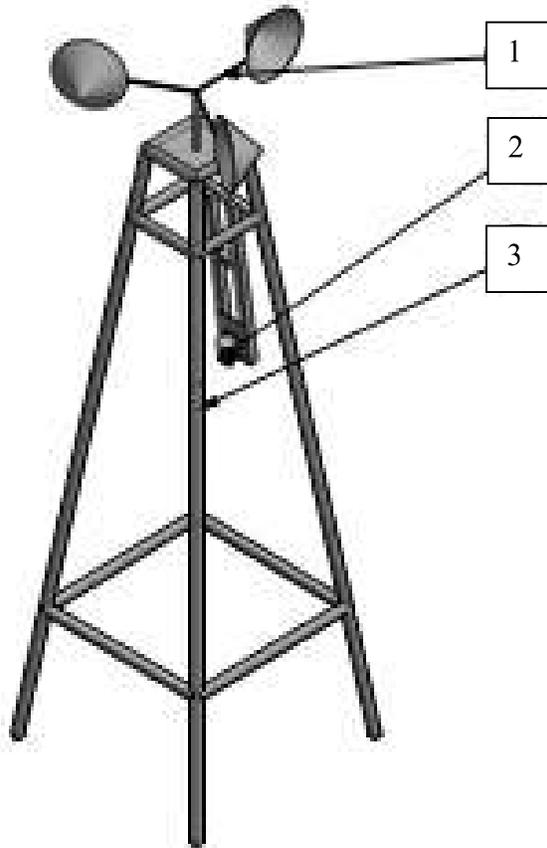
Dalam penelitian ini setelah melakukan analisa data dapat dilakukan perhitungan kecepatan rata-rata angin, putaran turbin dan tegangan listrik dengan menggunakan tiga propeler berbentuk kerucut berbahan dasar komposit.

3.2.3 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan merupakan inti dari penelitian ini dan hasil penulisan tugas akhir. Seperti mengetahui kecepatan angin, putaran turbin pada turbin angin dengan menggunakan menggunakan tiga propeler berbentuk kerucut berbahan dasar komposit.

3.3 Desain alat propeler

Desain turbin angin vertikal dengan menggunakan tiga propeler berbentuk kerucut berbahan dasar komposit adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Desain *Propeller*

(Sumber: Penelitian, 2021)

Keterangan:

1. Sudu (*Blades*) / Propeler
2. *Komponen Elektrical*
3. Penyangga kerangka

3.4 Alat Dan Bahan Yang Digunakan

3.4.1 Alat Penelitian

Berikut adalah daftar alat dan bahan pada penelitian :

Table 3.1 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Gambar
1	Alat Ukur Multimeter	Merek : Sanwa Model : CD800a	
2	Alat Ukur Technometer	Merek : AMTAST Model : SM6236E	
3	Alat Ukur Anemometer	Merek : Sigma Jenis : Anemometer Cup	

Sumber : (Penelitian 2021)

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada turbin angin *Propeller* adalah sebagai berikut

a) Generator

Generator berfungsi untuk menghasilkan energi listrik dengan cara mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, generator yang digunakan Dua fase DC magnet permanen generator sinkron, seperti gambar 3.2 yaitu:

Spesifikasi Generator:

Model : SCM4 - 10135C

Nilai daya : 300 watt/350 watt

Tegangan : 12 v/24 v

Putaran : 2800 RPM

Berat Bersih : 4.5 kg



Gambar 3.2 Generator

(Sumber Penelitian)

b) Anemometer

Berfungsi untuk mengukur kecepatan angin dan untuk mengukur arah. Anemometer ini hanya berfungsi untuk mengukur kecepatan angin dan temperatur udara, seperti pada gambar 3.3 yaitu:



Gambar 3.3 Anemometer
(Sumber Penelitian)

c) Multimeter

Berfungsi untuk dapat mengukur tegangan (voltmeter), hambatan (ohm-meter), maupun arus (amperemeter) seperti pada gambar 3.4 yaitu:



Gambar 3.4 Multimeter
(Sumber : Penelitian)

d) Tachometer

Berfungsi untuk mengukur putaran per menit (RPM) dari poros turbin angin.. Perangkat ini pada masa sebelumnya dibuat dengan dial, jarum yang menunjukkan pembacaan saat ini dan tanda-tanda yang menunjukkan tingkat yang aman dan berbahaya.



Gambar 3.5 Tachometer

(Sumber : Penelitian)

e) Sprocket

Sprocket adalah roda bergigi yang berpasangan dengan rantai, berfungsi untuk mentransmisikan gaya putar antara dua poros dimana roda gigi tidak dapat menjangkau, seperti pada gambar 3.6



Gambar 3.6 *Sprocket*

(Sumber: penelitian)

Spesifikasi *Sprocket*:

Diameter *gear drive* (*penggerak gigi*) : 5,9 cm

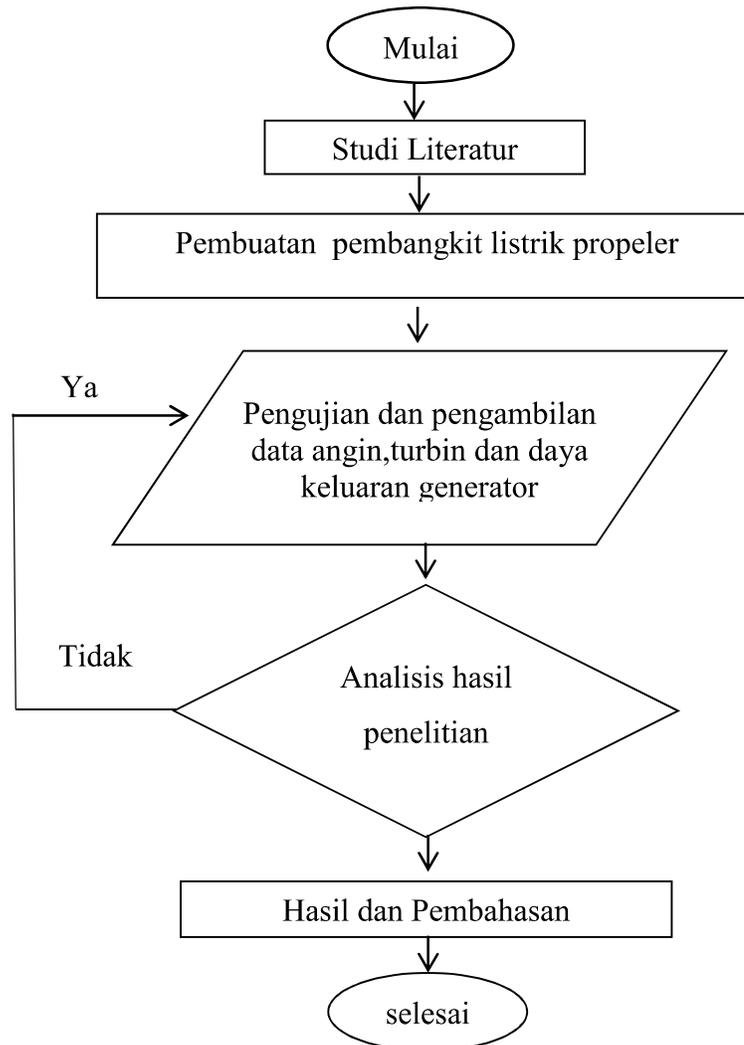
Diameter *gear driven* (*digerakkan oleh roda gigi*) : 2.7 cm

Jumlah *teeth drive* (*penggerak gigi*) : 32 T

Jumlah *teeth driven* (*yang digerakkan*) : 11 T

3.5 Diagram Alir

Dalam penyelesaian penelitian tugas akhir ini, diperlukan data data dalam penyusunan penelitian ada beberapa langkah kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut



Gambar 3.7 Diagram Alir
(Sumber Penelitian)

BAB 4

PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan turbin angin *propeller*

Penelitian yang dilakukan melalui tahapan perencanaan desain gambar alat pemilihan bahan baku yang akan digunakan. Pembuatan rangka tower dengan bahan besi *hollow* ukuran 40 mm x 40 mm, dengan ketinggian 3 m, lebar bagian bawah 109 cm, lebar bagian tengah 70 cm, lebar bagian atas 30 cm, panjang poros 2 meter dan pada pembuatan sudu angin menggunakan bahan komposit serat *fiberglass* dengan dimensi *propeller* yang direncanakan yaitu diameter 34 cm dan luas lingkaran 908 cm². Seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Turbin Angin propeler Sumbu Vertikal

(Sumber Penelitian 2021)

4.2 Hasil Pengambilan Data Kecepatan Angin Dan Putaran Turbin

Dalam pengambilan data pengujian pembangkit listrik ini dilakukan selama 3 hari Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit .



Gambar 4.2 Pengambilan data kecepatan angin

(Sumber: Penelitian)

4.2.1 Hasil Pengambilan Hari Pertama

Hasil pengambilan data kecepatan angin, putaran turbin dan voltase generator diambil pada pukul 10 :00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB data diambil selama 60 menit sekali dengan menghitung rata-rata data kecepatan angin dalam 30 menit sekali.

Table 4.1 Hasil pengambilan data turbin angin hari pertama

No.	Waktu (t)	Kecepatan Angin (mph)	Putaran Turbin (RPM)	voltase generator (volt)
1.	10:00 Wib	6,0	12,4	0,20
2.	11:00 Wib	5,0	11,3	0,11
3.	12:00 Wib	7,5	26,9	0,31
4.	13:00 Wib	8,1	34,8	0,40
5.	14:00 Wib	9,1	42,3	0,51
6.	15:00 Wib	9,7	49,6	0,58
7.	16:00 Wib	9,4	44,7	0,54
8.	17:00 Wib	8,5	38,4	0,47
Jumlah Rata-Rata		7,9	33	0,39

(Sumber: Penelitian)

Berdasarkan tabel 4.1 hasil pengambilan data turbin angin pada hari pertama menjelaskan data kecepatan angin maksimal dan minimal, kecepatan angin maksimal 9,7 mph terjadi pada pukul 15:00 WIB dengan nilai putaran turbin angin sebesar 49,6 rpm dan tegangan keluaran generator sebesar 0,58 volt, Sedangkan kecepatan angin minimal 5,0 mph terjadi pukul 11:00 WIB, dengan nilai putaran turbin angin sebesar 11,3 rpm dan tegangan keluaran generator sebesar 0,11 volt, kecepatan angin rata-rata 7,9, putaran turbin angin sebesar 33 rpm dan tegangan keluaran generator sebesar 0,39 volt

4.2.2 Hasil Pengambilan Hari Kedua

Hasil pengambilan data hari ketiga diambil pada pukul 10 :00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB

Table 4.2 Hasil pengambilan data turbin angin hari kedua

No.	Waktu (t)	Kecepatan Angin (mph)	Putaran Turbin (RPM)	voltase generator (volt)
1.	10:00 Wib	2,3	4,6	0,6
2.	11:00 Wib	9,0	41,9	0,51
3.	12:00 Wib	9,4	44,8	0,54
4.	13:00 Wib	11,0	61,2	0,71
5.	14:00 Wib	9,9	50,7	0,59
6.	15:00 Wib	10,2	53,1	0,62
7.	16:00 Wib	10,3	54,3	0,63
8.	17:00 Wib	9,8	48,9	0,57
Jumlah Rata-Rata		9,0	4,5	0,6

(Sumber : Penelitian)

Berdasarkan tabel 4.2 hasil pengambilan data turbin angin pada hari ke-dua menjelaskan data kecepatan angin maksimal dan minimal, kecepatan angin maksimal 10,3 mph terjadi pada pukul 16:00 WIB dengan nilai putaran turbin angin sebesar 54,3 rpm dan tegangan keluaran generator sebesar 0,63 volt, Sedangkan kecepatan angin minimal 2,3 mph terjadi pukul 10:00 WIB, dengan nilai putaran turbin angin sebesar 11,3 rpm dan tegangan keluaran generator

sebesar 0,11 volt dan kecepatan angin rata-rata 9,0, putaran turbin angin sebesar 4,5 rpm dan tegangan keluaran generator sebesar 0,6 volt

4.2.3 Hasil Pengambilan Hari Ketiga

Hasil pengambilan data hari ketiga diambil pada pukul 10 :00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB.

Table 4.3 Hasil pengambilan data turbin angin hari ketiga

No	Waktu (t)	Kecepatan Angin (mph)	Putaran Turbin (RPM)	voltase generator (volt)
1.	10:00 Wib	5,7	11,8	0,12
2.	11:00 Wib	8,2	35,3	0,41
3.	12:00 Wib	9,0	40,9	0,52
4.	13:00 Wib	9,4	45,4	0,55
5.	14:00 Wib	11,0	63,6	0,73
6.	15:00 Wib	10,1	51,7	0,61
7.	16:00 Wib	10,1	52,3	0,62
8.	17:00 Wib	10,0	50,2	0,59
Jumlah Rata-Rata		9,2	43,9	0,52

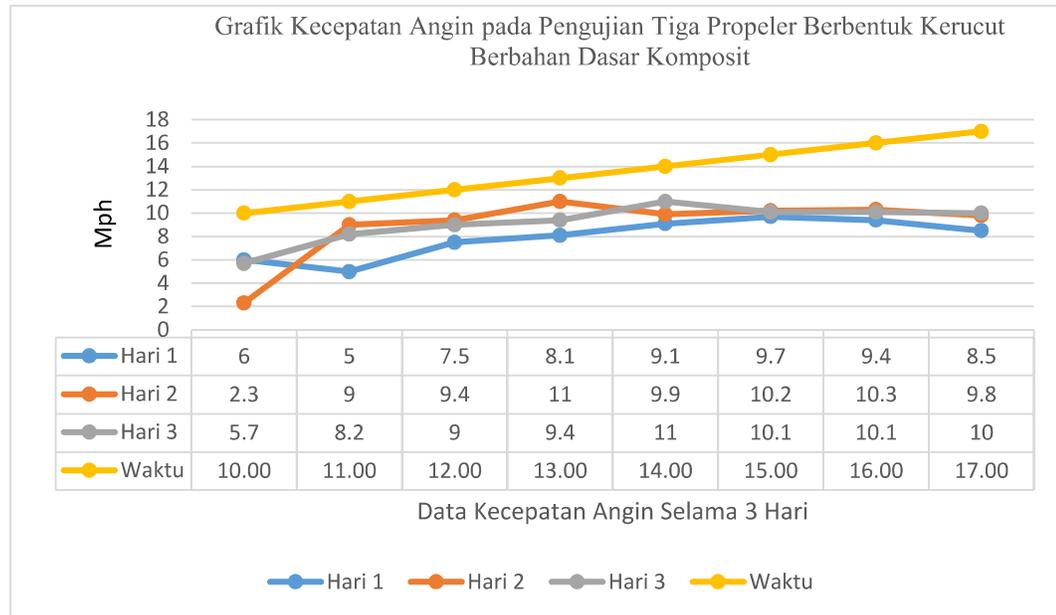
(Sumber : Penelitian)

Berdasarkan tabel 4.3 hasil pengambilan data turbin angin pada hari ke-tiga menjelaskan data kecepatan angin maksimal dan minimal, kecepatan angin maksimal 11,0 mph terjadi pada pukul 14:00 WIB dengan nilai putaran turbin angin sebesar 63,6 rpm dan tegangan keluaran generator sebesar 0,73 volt, Sedangkan kecepatan angin minimal 5,7 mph terjadi pukul 10:00 WIB, dengan nilai putaran turbin angin sebesar 11,8 rpm dan tegangan keluaran generator sebesar 0,12 volt , dan kecepatan angin rata-rata 9,2 putaran turbin angin sebesar 43,9 rpm dan tegangan keluaran generator sebesar 0,52 volt

4.2.4 Pembahasan Grafik Kecepatan Angin

Dari tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 . Hasil kecepatan angin yang diperoleh pada pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit sebagai berikut :

Table 4.4 Grafik Kecepatan Angin

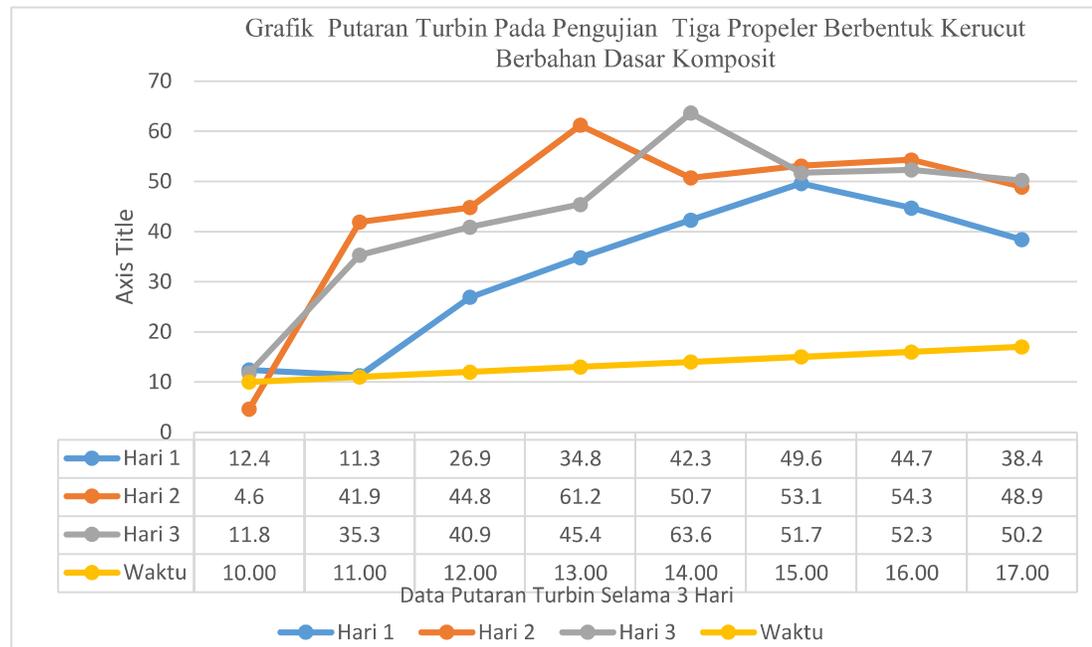


Pada grafik 4.4 bahwa kecepatan angin tertinggi diperoleh pada hari ke 3 sebesar 11 mph dan kecepatan angin terendah diperoleh pada hari ke 2 sebesar 2,3 mph, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 8.7 mph.

4.2.5 Pembahasan Grafik Putaran Turbin

Dari tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 . Hasil putaran Turbin yang diperoleh pada pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit sebagai berikut :

Table 4.5 Grafik Putaran Turbin

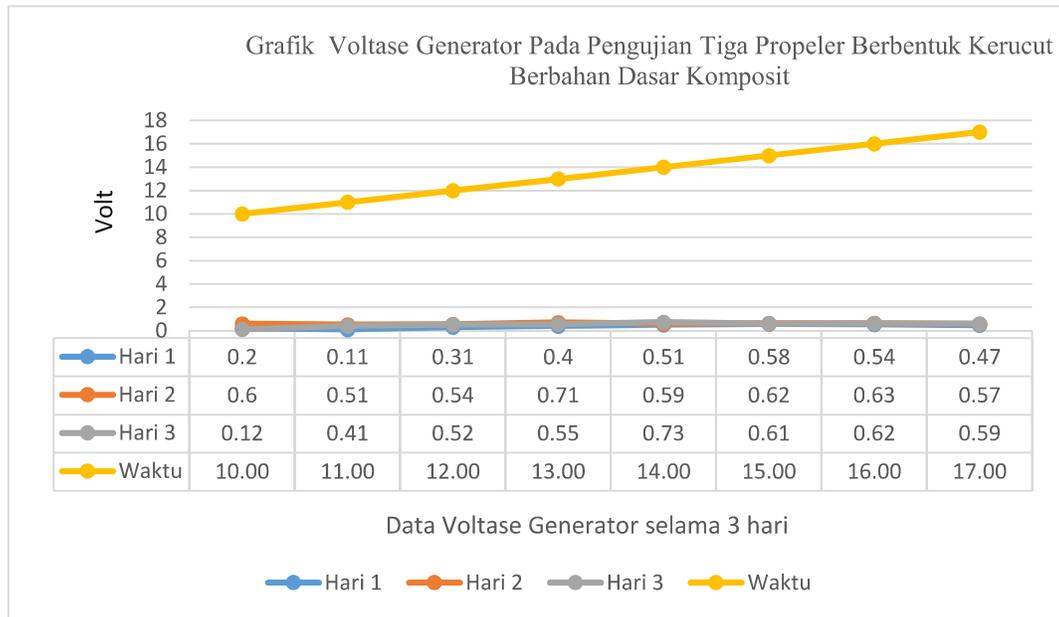


Pada grafik 4.5 bahwa Putaran Turbin tertinggi diperoleh pada hari ke 2 sebesar 61,2 Rpm dan Putaran Turbin terendah diperoleh pada hari ke 2 sebesar 4,6 Rpm, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 40,6 Rpm.

4.2.6 Pembahasan Grafik Voltase Generator

Dari tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 . Hasil Voltase Generator yang diperoleh pada pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit sebagai berikut :

Table 4.6 Grafik Voltase Generator



Pada grafik 4.6 bahwa Voltase Generator tertinggi diperoleh pada hari ke 2 sebesar 0,71 Volt dan Voltase Generator terendah diperoleh pada hari ke 1 sebesar 0,2 Volt, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 0,50 Volt.

4.3 Perhitungan Luas Lingkaran Propeler

Untuk menghitung luas lingkaran propeler dengan diameter 34 cm menggunakan rumus dibawah ini

$$L = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

Maka,

$$L = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 34 \text{ cm}^2$$

$$L = 908 \text{ cm}^2$$

4.4 Perhitungan Daya Turbin Angin

Untuk menghitung daya dari turbin angin dengan menggunakan luas penampang rotor bukan dengan menggunakan rumus 2.11

$$P_A = C_P \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Diketahui $C = 59.3 \%$

$$v = 8,7 \text{ Mph} = 3,9 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1,2$$

$$p = 350 \text{ watt}$$

Maka,

$$A = \frac{2P}{\rho v} = \frac{2 \times 350 \text{ w}}{1,2 \times 3,9} = 149,6 \text{ cm}^2$$

$$P = C_P \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v$$

$$P = 0,593 \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 149,6 = 53,2 \text{ Watt}$$

4.5 Perhitungan Volume Udara

Volume udara untuk mengetahui kecepatan angin yang mengalami perpindahan volume dalam satuan waktu dapat menggunakan rumus 2.12

$$V = v \times A$$

$$V = 3,9 \text{ m/s} \times 34 \text{ cm}^2$$

$$V = 132,6 \text{ m}^3$$

4.6 Rasio *Sprocket* Turbin Angin

Rasio sprocket turbin angin untuk mengetahui hasil kecepatan putaran generator dari turbin angin maka dapat menggunakan persamaan rumus 2.17

$$T1 = 11 \text{ (gigi yang memutar)}$$

$$T2 = 32 \text{ (gigi yang diputar)}$$

$$R = T_2 / T_1$$

$$R = 32 / 11$$

$$R = 2,90$$

Yang berarti untuk memutar 1 kali putaran penuh roda gigi T2, maka gigi T1 harus berputar 2,90 kali putaran.

4.7 Perbandingan Sprocket

Perbandingan sprocket turbin angin untuk mengetahui perbandingan gear sprocket drive dan gear sprocket driven maka dapat menggunakan persamaan 2.18

$$N1 = \frac{N_2 \times D_2}{D_1}$$

$$\text{Diketahui } N_2 = 3000 \text{ Rpm}$$

$$D_2 = 2,7 \text{ cm}$$

$$D_1 = 5,9 \text{ cm}$$

Diketahui N_1

$$N_1 = \frac{N_2 \times D_2}{D_1}$$

$$N_1 = \frac{3000 \text{ Rpm} \times 2,7 \text{ cm}}{5,9 \text{ cm}}$$

$$N_1 = 1372,8 \text{ Rpm}$$

Maka

$$N_1 = N_2$$

$$1372,8 \text{ Rpm} = 3000 \text{ Rpm}$$

$$1 = 2,18$$

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil Penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Dengan Menggunakan Tiga Propeler Berbentuk Kerucut Berbahan Dasar Komposit Maka dapat diperoleh kesimpulan dari penelitian ini diantaranya yaitu :

1. Putaran Turbin tertinggi diperoleh pada hari ke 2 Jam 13.00 Wib sebesar 61,2 Rpm dan Putaran Turbin terendah diperoleh pada hari ke 2 Jam 10.00 Wib senilai 4,6 Rpm, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 40,5 Rpm.
2. Dari data pengambilan kecepatan angin, kecepatan angin tertinggi diperoleh pada hari ke 3 Jam 14.00 Wib senilai 11 mph dan kecepatan angin terendah diperoleh pada hari ke 2 Jam 11.00 Wib sebesar 2,3 mph, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 8.7 mph.
3. Voltase Generator tertinggi diperoleh pada hari ke 2 jam 13.00 Wib sebesar 0,71 Volt dan Voltase Generator terendah diperoleh pada hari ke 1 jam 10.00 Wib sebesar 0,2 Volt, dengan nilai rata – rata selama tiga hari pengujian yaitu sebesar 0,50 Volt.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pada Penelitian pembangkit tenaga listrik tenaga angin tidak dapat menghidupkan lampu karna voltase keluaran generator sangatlah sedikit, untuk mengeluarkan arus seharusnya putaran turbin minimal 1500 Rpm.
2. Rasio putaran *sprocket* dari turbin angin *savonius* sangat berpengaruh bagi putaran generator maka dari itu harus diketahui berapa rasio *sprocket* yang akan digunakan.
3. Alat ukur yang digunakan haruslah lengkap dan memiliki ketelitian pengukuran yang tinggi.

DAFTAR PUSAKA

- Fandhi X Vananda, Iskandar R, 2014, Pengujian Karakteristik Turbin Angin Propeller Tiga Sudu Sebagai Energi Alternatif Di Kecamatan Linggo Sari Baganti Kabupaten Pesisir Selatan, Padang.
- Forkhan Hartono, 2019, Studi Eksperimen Daya Keluaran Yang Dihasilkan Generator Turbin Angin Jenis Lenz 350 Watt, Aceh Barat.
- Jones, M. R..Mechanics of Composite Material. Mc Graww Hill Kogakusha. 1975.
- Putranto, A. (2011). Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga. *Tugas Akhir*, 26-27.
- Noprizal, Leo, Mahdi Syukri, and Syahrizal Syahrizal. 2016. “Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial Pada Putaran Rendah.” *Kitektro* 1(1):40–44.
- Nuraini Pryaningsih, & Nurhening Yuniarti (2017). Analisis efisiensi generator pada *Wind Turbin*
- Prihananto, Daryanto. (2017). Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Sudu, Posisi Vertikal Turbin Cross Flow Dan Sudut Pengarah Aliran (Guide Vane) Terhadap Daya Poros Yang Dihasilkan Pada Sistem Pemulihan Energi Terintegrasi Dengan Menara Pendingin. Skripsi, 15-16.
- Sumarno, F. Gatot, Bella Musvika Devi, Dian Meitanti, Dicky Rizaldi, and Emeraldalva Ivory S. 2020. “Dimana Sudut Pada Sudu Turbin Di Rancang Untuk Mengetahui Efisiensi Perbandingan Turbin Angin Savonius Dengan Menggunakan Sudut Putar 120.” 1:359–73.

Yulianti, Tri, Dahlia Nugrahini, and EM Sutrisna. 2009. "Studi Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Kawasan Meulaboh.

Yusuf Ismail Nakhoda dan Chorul Saleh, 2015, Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal *Savonius Portabel* Menggunakan Generator Magnet Permanen, Surabaya.

Lampiran Dokumentasi



Pengambilan data Putaran Turbin



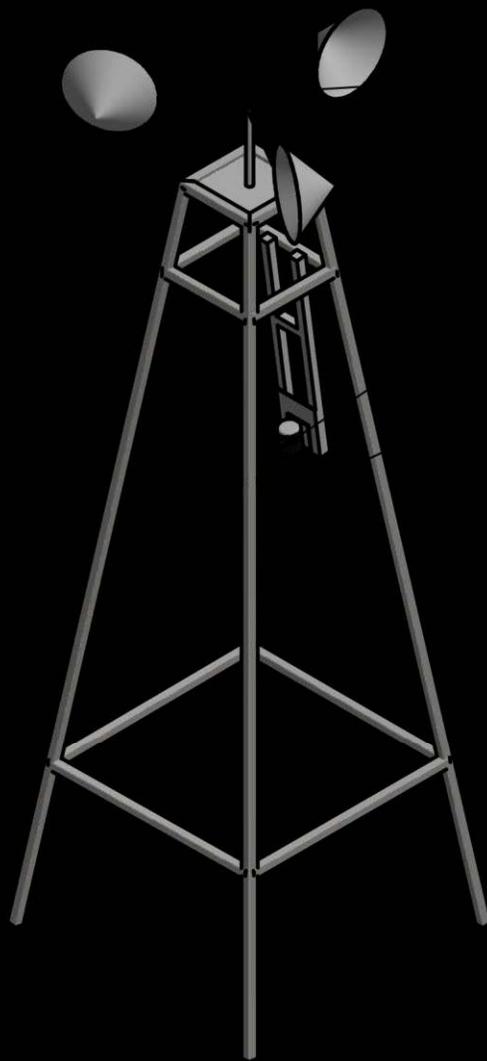
Pengambilan data volt generator

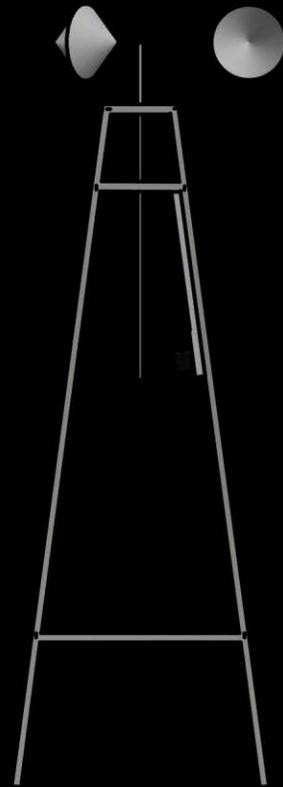
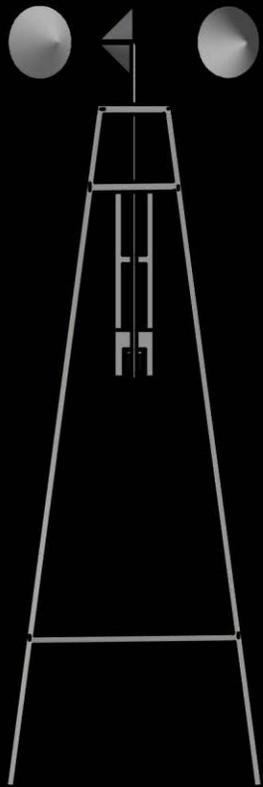
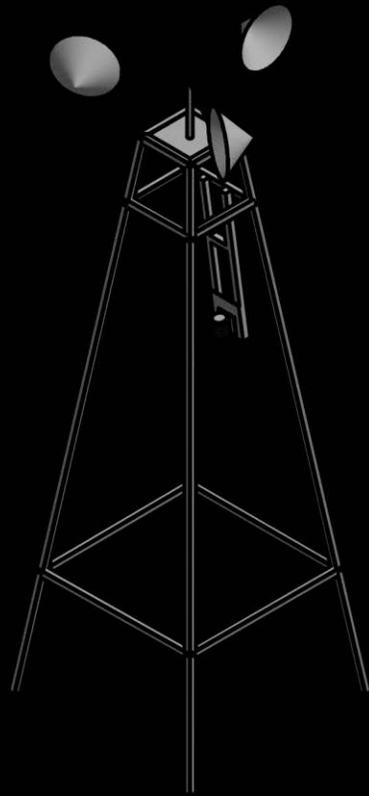
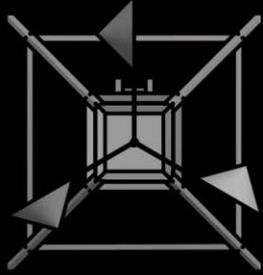


Pengelasan kerangka



Membuat Kedudukan Generator





BIODATA PENULIS



Nama Lengkap Ari Wijaya Lahir Alue Ambang, Kecamatan Teunom, Kabupaten Aceh Jaya 22 April 1996 merupakan anak pertama dari 1 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri 1 Teunom, SMP N Teunom, SMK Negeri 1 Teunom. Penulis mengikuti SBPMPTN dan diterima di jurusan

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar pada tahun 2017 dan terdaftar dengan NIM 1705903010024. Selama masa kuliah penulis aktif mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar (HMM FT – UTU) Sebagai Pengurus IPAMAJA dan aktif dalam beberapa kepanitiaan.

Penulis juga aktif, Mengikuti Pelatihan Draftman Mechanical Tahun 2019, Mengikuti PKM (Pekan Kreativitas Mahasiswa), PHP2D, Wira Desa dan Mengikuti Lomba KRTI (Kontes Robot Terbang Indonesia) 2021.

Jika ada informasi, pertanyaan maupun saran yang ingin disampaikan kepada penulis, dapat melalui email ariwijayaaa7@gmail.com