

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN ROTOR TURBIN ANGIN DARRIEUS DENGAN KAPASITAS MAXIMUM 300 WATT

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

Disusun Oleh:

KOKO SUDARMAWAN
1507230057



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Koko Sudarmawan
NPM : 1507230057
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pembuatan Rotor Turbin Angin *Darrieus* Dengan Kapasitas
Maksimum 300 Watt
Bidang ilmu : Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Juni 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Bekti Suroso, S.T.,M.Eng.

Dosen Penguji II



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

Dosen Penguji III



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

Dosen Penguji IV



Affandi, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Koko Sudarmawan
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/18 November 1996
NPM : 1507230057
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pembuatan Rotor Turbin Angin Darrieus Dengan Kapasitas Maximum 300 Watt...”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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

Medan, 25 Juni 2020

Saya yang menyatakan,



Koko Sudarmawan

ABSTRAK

Listrik merupakan kebutuhan vital pada kehidupan masyarakat, energi angin telah lama dikenal dan dimanfaatkan manusia misalnya untuk pembangkit tenaga listrik, namun energi angin di wilayah indonesia tergolong kecepatan angin rendah, meskipun demikian, potensi angin di indonesia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan pembuatan pembangkit listrik skala kecil. Mengatasi hal ini maka perlu dilirik untuk membuat pembangkit energi listrik alternatif yang ramah lingkungan, tersedia sepanjang hari dan mudah dalam pemasangannya. Pembangkit listrik energi angin menjadi solusi untuk masyarakat, dimana banyak angin yang terbuang sia-sia, yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik, dengan membuat pembangkit listrik tenaga angin. Energi angin adalah salah satu pilihan yang layak dalam kasus ini, penggunaan turbin angin bersumbu vertikal, vertikal axis wind turbine (VAWT) memberikan solusi untuk mengurangi beban listrik di pulau pulau pesisir yang tidak memiliki pemasok listrik. Dengan membuat rotor turbin angin dengan kapasitas 300 Watt.

Kata kunci: Turbin Angin, Turbin darrieus

ABSTRACT

Electricity is a vital need in people's lives, wind energy has long been known and utilized by humans for example for electricity generation, but wind energy in Indonesia is classified as low wind speed, however, the potential for wind in Indonesia is almost all year long, making it possible to develop power plants small scale electricity. Overcoming this problem needs to be looked at to make alternative electricity generation that is environmentally friendly, available throughout the day and easy to install. Wind energy power generation is a solution for the community, where a lot of wind is wasted, which can be utilized as electricity, by making wind power plants. Wind energy is a viable option in this case, the use of vertical axis wind turbines (VAWT) provides a solution to reduce the electricity burden on coastal islands that do not have electricity suppliers. By making wind turbine rotors with a capacity of 300 Watt.

Keywords: Wind Turbines, Darrieus Turbine

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Swt yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan Rotor Turbin Angin *Darrieus* Dengan Kapasitas Maximum 300 Watt” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T. M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Affandi, S.T, M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Bekti Suroso, S.T.,M.Eng selaku Dosen Pembanding I dalam menyelesaikan tugas akhir ini
4. Bapak H. Muharnif. S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembanding II dalam menyelesaikan tugas akhir ini
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Yang Telah Banyak Memberikan Ilmu Keteknikmesinan Kepada Penulis
7. Orangtua Penulis, Sutrisno dan Dewi Yang Telah Bersusah Payah Membesarkan dan Membiayai Studi Penulis
8. Bapak/Ibu Staf Adminitrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

9. Rekan-rekan Penulis, Dicky Julianto, Nurman Syahputra, Rizky Wibowo dan Denu Anggara Yang Sudah Bersama sama Melakukan Penelitian Tugas Akhir ini

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Mesin

Medan, 25 Juni 2020



Koko Sudarmawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1. Pengertian Turbin Angin	6
2.3. Klasifikasi Turbin Angin	7
2.3.1 Turbin Angin Vertikal	7
2.3.2 Turbin Angin Horizontal	9
2.4. Karakteristik Turbin Angin	10
2.4.1. Jenis-jenis Turbin Angin	10
BAB 3 METODOLOGI	14
3.1 Tempat dan Waktu	15
3.1.1. Tempat	15
3.1.2. Waktu	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.2.1 Alat	15
3.2.2 Bahan	18
3.3 Diagram Alir	24
3.4 Prosedur Pembuatan	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Pembuatan	26
4.1.1 Rotor Turbin Darrieus	26
4.2 Hasil Komponen Yang Dibuat	27
4.2.1 Dudukan Generator	32

4.2.2 Bahan Komponen <i>Darrieus</i>	30
4.2.3 Hasil Pembuatan Komponen <i>Darrieus</i>	35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1. Kesimpulan	36
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel. 4.1. Daftar suku cadang dan harga

DAFTAR GAMBAR

- Gambar. 2.1. Turbin angin Darrieus
- Gambar. 2.2. Turbin angin savonius
- Gambar. 2.3. Turbin angin horizontal
- Gambar. 2.4. Turbin angin sumbu horizontal
- Gambar. 2.5. Turbin angin sumbu vertikal
- Gambar. 3.1. Mesin bor
- Gambar. 3.2. Mesin Gerinda
- Gambar. 3.3. Penggaris siku
- Gambar. 3.4. Kunci ingris
- Gambar. 3.5. Tang
- Gambar. 3.6. Kertas pasir
- Gambar. 3.7. Mesin Las
- Gambar. 3.8. Plat besi
- Gambar. 3.9. Plat aluminium
- Gambar. 3.10. *Bearing*
- Gambar. 3.11. Rumah *Bearing*
- Gambar. 3.12. Generator
- Gambar. 3.13. Bantalan generator
- Gambar. 3.14. Baut dan mur
- Gambar. 3.15. Baterai
- Gambar. 3.16. Kabel
- Gambar. 3.17. Pipa besi
- Gambar. 3.18. Diagram alir penelitian
- Gambar. 4.1. Rotor turbin Darrieus
- Gambar. 4.2. Penyangga rotor turbin darrieus
- Gambar. 4.3. Mengukur plat besi yang akan dipotong
- Gambar. 4.4. Mengebor plat besi untuk pengikat
- Gambar. 4.5. Hasil plat besi yang dibor milling
- Gambar. 4.6. Pengelasan pada dudukan generator
- Gambar. 4.7. Hasil jadi pembuatan dudukan generator
- Gambar. 4.8. Hasil duduk generator
- Gambar. 4.9. Plat aluminium
- Gambar. 4.10. Plat aluminium yang diukur
- Gambar. 4.11. Plat aluminium yang digunting
- Gambar. 4.12. Melengkungkan yang sudah digunting
- Gambar. 4.13. Potongan yang sudah dilengkungan
- Gambar. 4.14. Proses pengerjaan profil kanan dan kiri
- Gambar. 4.15. Proses pengerjaan profil kanan dan kiri (2)
- Gambar. 4.16. Proses melengkungkan komponen
- Gambar. 4.17. Proses melengkungkan komponen(2)
- Gambar. 4.18. Hasil yang sudah dilengkungkan
- Gambar. 4.19. Hasil keseluruhan pembuatan komponen

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
U:	Kecepatan angin rata rata	(m/det)
U _i :	Kecepatan angin pengukuran	(m/det)
t _i :	Waktu pengukuran	(det)
P _ω :	Daya angin tersedia	(W)
A:	Luas permukaan yang diekspose	(M ²)
KE:	Faktor massa udara	(kg/m ³)
P _t :	Daya keluaran rotor turbin angin	(Watt)
C _p :	Koefisien daya turbin angin	
ρ:	Massa jenis udara	(kg/m ³)
A':	Luar sapuan rotor	(m ²)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin banyak populasi manusia, semakin banyak pula kebutuhan energi untuk hidup, dan ditemukannya peralatan-peralatan yang berguna untuk memudahkan mobilitas manusia untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain ataupun memudahkan manusia untuk hidup lebih nyaman, dimana kesemuanya ini memerlukan energi yang besar baik berupa energi listrik, energi mekanik ataupun bentuk energi lainnya.

Berdasarkan data kementerian ESDM mencatat konsumsi energi Indonesia pada tahun 2017 mencapai 1,23 0,467 miliar *barrels oil equivalent* (BOE) naik 9% dari tahun sebelumnya, dari jumlah tersebut yang berbentuk BBM mencapai 356,33 juta BOE atau 28,88% dari total konsumsi. Kemudian terbesar kedua adalah dalam bentuk biomassa sebanyak 306,25 BOE atau 24,82%, sedangkan konsumsi biofuel baru mencapai 79,43 juta BOE atau 6,44% dari total.

Selain memiliki porsi terbesar PLTA juga mengalami peningkatan realisasi terbesar dari kondisi 2018 yakni 1,24%, dalam jangka menengah, PLTA masih akan menjadi target bauran energi terbesar pada Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2019-2028. Pada RUPTL PLN 2019-2028, ditargetkan ada penambahan kapasitas pembangkit EBT sebesar 16,76 gigawatt (GW) dari rencana penambahan tersebut, PLTA mendominasi dengan porsi 48% posisi kedua ditempati PLTP sebesar 27%.

Salah satu energi alternatif yang dikembangkan adalah energi angin. Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar.

Indonesia yang memiliki pantai sepanjang 80.791,42 km merupakan wilayah potensial untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan kecepatan angin rata-rata di pesisir pantai Indonesia secara umum antara 3 m/detik hingga 5 m/detik, diperkirakan total potensi energi angin mencapai 9 GW. Angka

ini merupakan suatu potensi besar jika dapat dimanfaatkan untuk menuai energi angin demi terciptanya ketahanan energi nasional dalam beberapa tahun ke depan.

Letak geografis Indonesia sebagai negara tropis menyebabkan karakteristik angin di Indonesia berbeda-beda dengan karakteristik angin di negara lain yang sudah memanfaatkan angin sebagai sumber energinya. Seperti salah satu tempat strategi yakni Medan Belawan untuk memanfaatkan angin sebagai sumber energi, salah satu kota yang harus memanfaatkan energi baru terbarukan, dimana energi angin di tempat itu banyak terbang. Tempat yang strategis ini dipilih oleh penulis untuk pengembangan turbin angin yang mana energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan penerang bagi masyarakat sekitar khususnya penerang di Dermaga Rakyat Medan Belawan dan untuk energi lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka didapat suatu rumusan masalah yaitu bagaimana membuat rotor turbin angin yang baik dengan harga yang merupakan terjangkau.

1.3 Ruang Lingkup

Membuat rotor turbin angin *darrieus* dengan kapasitas 300 Watt untuk mendapatkan kinerja terbaik

1.4 Tujuan

Tujuan dilaksanakannya pembuatan bilah turbin ini sebagai berikut:

1. Memilih jenis bahan rotor *darrieus*
2. Membuat rotor turbin angin *darrieus*

1.5 Manfaat

1. Menghasilkan turbin angin *darrieus* yang baik dan berdaya saing
2. Menghasilkan turbin angin yang menjadi cadangan
3. Menghasilkan pengaruh besar dalam pengembangan alat yang memanfaatkan energi yang terbang

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

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

Ismail, dkk(2017) Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif penerangan jalan dikarenakan energi angin tidak memerlukan bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik, dan ruang instalasi yang kecil (Promdee & Photong, 2016). Sumber energi angin yang terbanyak pada jalan raya terletak pada jalan tol dikarenakan selain aliran angin alami, aliran angin yang berasal dari kendaraan yang melintas pada jalan tol menjadi sumber yang sangat potensial. Tingginya kecepatan angin yang berasal dari pergerakan kendaraan pada jalan tol menghasilkan gangguan yang kuat pada udara dan mengirimkan energi untuk membangun pemanfaatan energi dalam bentuk energi angin lokal (Lapointe & Gopalan, 2016). Potensi energi angin pada jalan tol yang sangat tinggi, tergantung pada jauhnya jarak jalan tol dan tingginya suatu jalan tol (Tian Etal 2017).

Turbin angin tipe VAWT memiliki dua tipe yaitu *Darrieus and Savonius* (Ambrosio & Marco, 2010). Tipe *Darrieus* memiliki koefisien daya (C_p) sebesar 0.2-0.4 dan kebutuhan kecepatan angin sebesar 3-7.5 m/s lebih besar jika dibandingkan dengan koefisien daya (C_p) tipe *Savonius* sebesar 0.1-0.2 dan kecepatan angin minimal sebesar 1.4 m/s (Promdee & Photong, 2016). Pada penelitian ini dikembangkan penggunaan turbin angin VAWT tipe *Darrieus*, dikarenakan pada penelitian ini lebih mengutamakan desain turbin, sudut puntiran bilah turbin, massa jenis udara dan tinggi rotor penggerak turbin.

Thioritz Stevy, dkk(2017). Turbin Darrieus adalah salah satu jenis turbin angin. Sejak dipatenkan pada tahun 1931, turbin Darrieus telah dijadikan sebagai objek penelitian baik itu berhubungan dengan sumber energi penggerak maupun modifikasi pada konstruksi turbin. Penelitian yang berhubungan dengan sumber energi penggerak telah dilakukan oleh (Faez et al. 2012), (Battisti et al. 2016), (Loots et al. 2015), (Maitre et al. 2013), (Mertens 2005), (Toja-silva et al. 2013), dan yang berhubungan dengan modifikasi pada konstruksi turbin telah dilakukan

oleh (Abdul Akbar & Mustafa 2016), (Batista et al. nd.), (Beri & Yao 2011), (Guerrero-villar et al. 2015), (Ismail & Vijayaraghavan 2015), dan (Vasthava & Kumar 2015).

Penelitian tentang modifikasi pada konstruksi turbin meliputi modifikasi pada lengan, modifikasi pada bilak gerak, dan modifikasi bilah tetap. Khusus modifikasi pada sudu tetap, pemodifikasian dilakukan selain untuk mengarahkan fluida sebelum menumbuk bilah gerak. Kajian tentang modifikasi ini telah dilakukan oleh (Beri & Yao 2011), dan (Battista et al. 2016). Meskipun demikian, modifikasi-modifikasi bilah tetap tersebut hanya dilakukan pada sumber angin. Modifikasi bilah tetap pada sumber energi aliran air tekanan rendah belum dilakukan.

Asroful Anam, dkk(2018). Turbin angin sumbu vertikal memiliki poros rotor utama yang disusun tegak lurus, Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan tersebut sangat berguna apabila turbin di tempatkan di daerah-daerah yang memiliki arah angin bervariasi.

NACA airfoil adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi aerofil. Geometri airofil memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika dengan parameter penting berupa CL, dan kemudian akan terkait dengan lift (Gaya angkat yang dihasilkan) (Mulyadi, 2010).

Energi angin benar benar merupakan bentuk tidak langsung dari energi matahari, karena angin dipengaruhi oleh pemanasan yang tak merata pada kerak bumi oleh matahari.

Angin secara garis besar dapat diklasifikasikan sebagai angin planetary dan lokal. Angin planetary disebabkan oleh pemanasan yang lebih besar pada permukaan bumi dekat ekuator daripada kutub Utara dan Selatan. Hal ini yang menyebabkan udara hangat di daerah tropis naik dan mengalir melalui atmosfer ke kutub dan udara dingin dari kutub mengalir kembali ke ekuator di dekat permukaan bumi.

Manusia sudah lama memimpikan untuk mengkonversikan energi angin ke energi mekanis, bahkan akhir akhir ini ke energi listrik. Dahulu energi kinetik angin yang digunakan untuk menggerakkan kapal, yaitu dengan layar, Kincir angin (*wind mill*) yang lebih baru, telah digunakan beberapa ribu dari Abad IX sesudah Masehi yang menjelaskan kincir angin yang teroperasasikan di perbatasan persia dan afganistan sudah digunakan sejak beberapa abad sebelumnya.

R.A. Siregar, dkk(2019) pengembangan turbin angin *darrieus* dan *savonius* dengan menjadikan salah satu potensi fisik alamiah atau buatan sebagai ikon wisata laut di Belawan tepatnya di Titi panjang yang mana energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin tersebut digunakan sebagai penerangan di Titi Panjang dan sekitarnya.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui.

Umumnya daya efektif yang dapat dipanen oleh sebuah turbin angin hanya sebesar 20%-30%. Prinsip dasar kerja turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik.

Turbin angin dipasang diatas struktur menara tinggi (biasanya diatas 80 meter) untuk dapat berpotensi pada ketinggian yang perlukan.turbin angin memanfaatkan aliran angin pada ketinggian yang lebih tinggi karena kecepatannya yang lebih tinggi dan lebih konstan (karena pengaruh penurunan drag). Listrik dihasilkan ketika baling-baling pada turbin angin diputar oleh aliran angina, yang membuat rotor berputar. Rotor mentransfer kekuatan ke generator (memalui gearbox) yang pada gilirannya mentransmisikan daya yang telah dikonversikan ke sebuah transformator dan akhirnya ke jaringan grid. Sebuah turbin angin konvensional dapat menghasilkan daya listrik berkisar 1,5-7 MW,

tergantung pada ukuran, desain, dan aliran angina dilokasinya dipasang. (Hasrofiddin, dkk. 2019)

Turbin angin biasanya didirikan didarat (dikenal sebagai turbin angin darat) maupun di laut (turbin angin lepas pantai). Turbin angin darat memiliki kelebihan yakni biaya instalasi yang murah dibandingkan turbin angin lepas pantai. Namun turbin lepas pantai memiliki kelebihan dari segi hembusan angin yang lebih konstan, karena banyak ditemukan dilaut. Selain itu, juga memungkinkan untuk dipasang dengan kapasitas yang lebih besar.

Pada skala produksi yang besar, turbin angin listrik diinstal dalam bentuk ladang angin. Ladang angin besarnya dapat mencapai beberapa mil persegi dan terdiri dari berberapa ratus turbin. Ladang angin yang terletak didarat disebut ladang angin darat dan ladang angin yang dietakkan dilaut disebut ladang angin lepas pantai. Lokasi turbin angin yang terbaik adalah yang memiliki hembusan konstan, kecepatan angina yang non-turbulen minimal 10 m/h (16km/h), dan terletak didekat sebuah sistem transmisi. (Ir.Astu Pudjanarsa, MT. dkk.)

2.3 Klasifikasi Turbin Angin

Berdasarkan sumbu putaran rotor, turbin angin dapat digolongkan menjadi dua klasifikasi utama yaitu *vertical axis wind turbine* (VAWT) dan *horizontal axis wind turbine* (HAWT). Biasanya turbin tipe HAWT memiliki sirip pengarah pada bagian belakang yang berguna untuk mengarahkan rotor agar senantiasa tegak lurus dengan arah angin. Berbeda dengan kontruksi VAWT, VAWT didesain agar tidak terpengaruh arah angin, dalam artian VAWT mampu untuk menangkap angin dari arah manapun. Selain itu, tipe VAWT ini juga dikenal memiliki tingkat kebisingan rendah serta memiliki keunggulan dalam hal perawatan karena generator dapat diletakkan di bagian bawah. Akan tetapi untuk skala besar, kontruksi poros VAWT ini sangat sulit dibuat karena harus mampu menahan beban yang besar hanya dengan satu poros vetikal saja. (Ismail, dkk, 20117)

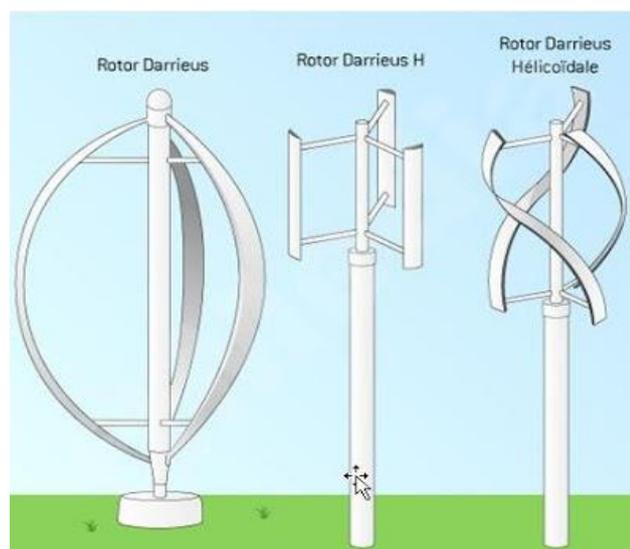
2.3.1 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Mesin ini lebih awal, kadang disebut *persian windmill*, merupakan evolusi dari kapal. Tekanan angin mencapai layar yang menyebabkan roda berputar. Jenis yang sama digunakan di China untuk menguapkan air laut untuk memproduksi garam di Abad XIII. Yang terakhir Crimea, Eropa, dan USA, yang masih ada sampai saat ini. yang paling berhasil diawal-awal itu disebut Savonius *windmill* (Savonius dari Finlandia). Turbin sumbu vertikal dibagi menjadi dua jenis yaitu: Savonius dan Darrieus. (Ir.Astu Pudjanarsa, MT. dkk.)

Turbin angin adalah mesin yang mengubah energi kinetik menjadi listrik. Turbin angin modern terdiri dari rotor yang menggerakkan generator penghasil listrik. Daya turbin angin dapat dihitung dengan menggunakan konsep dari kinetik. Turbin angin bekerja dengan prinsip merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik. (Ir.Astu Pudjanarsa, MT. dkk.)

1. Turbin Darrieus

Turbin Darrieus mula-mula diperkenalkan di Prancis pada sekitar tahun 1920-an. Turbin angin sumbu vertikal ini mempunyai bilah-bilah tegak yang berputar ke dalam dan keluar dari arah angin. Contoh pada gambar di bawah.



Gambar, 2.1. Turbin Angin Darrieus.

Sumber: jurnal ilmiah generator kincir angina (www. gambar turbin angin darrieus)

2. Turbin Savonius

Turbin 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. Contoh pada gambar di bawah.



Gambar, 2.2. Turbin Angin Savonius (www. gambar turbin angin savonius. com)

Daya angin (O. Hammond, et all):

$$P_w = 0,5 \rho A V^3 \quad (2.1)$$

Area permukaan (O. Hammond, et all): (2.2)

$$A = DH \quad (2.3)$$

Daya listrik yang dihasilkan (O. Hammond, et all):

$$P = I V \quad (2.4)$$

Sumber: (Agus Muhammad Arsad, dkk, 2017)

2.3.2 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal adalah jenis turbin angin yang paling banyak digunakan. Turbin ini terdiri dari sebuah menara yang di puncaknya terdapat sebuah baling-baling yang berfungsi sebagai rotor dan menghadap atau membelakangi arah angin. Kebanyakan turbin angin jenis ini mempunyai dua atau tiga bilah baling-baling walaupun ada juga turbin bilah baling-balingnya kurang atau lebih daripada yang disebut di atas. Contoh pada gambar di bawah.



Gambar, 2.3. Turbin Angin Horizontal (www. gambar turbin angin horizontal. com)

2.4. Karakteristik Turbin Angin

Parameter karakteristik tiap turbin pada umumnya memiliki besaran yang berbeda beda. Perbedaan besaran atau nilai dari tiap karakteristik ini tergantung pada bentuk konstruksi sudu turbin dan konstruksi turbin secara keseluruhan. Bentuk sudu yang dirancang harus memperhitungkan adanya tiga jenis kecepatan: kecepatan relatif, mutlak, dan kecepatan tangensial. Hubungan dari ketiga jenis kecepatan ini akan membentuk segitiga kecepatan yang sering menjadi penentu karakteristik suatu turbin. (Victus Kolo Koten, dkk, 2017)

2.4.1 Jenis-jenis Turbin Angin

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin angin horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik dipuncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. TASH sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaranincir pelan menjadi lebih cepat berputar.



Gambar. 2.4. Turbin Angin Sumbu Horizontal (www. gambar turbin angin horizontal. com)

Kekurangan Turbin Angin Horizontal

- a. Membutuhkan kontrokksi tower yang besar untuk mendukung beban gear box, blade dan generator.
- b. Membutuhkan sistem pengereman untuk mencegah turbin mengalami kerusakan pada turbin ketika ada angin kencang atau badai
- c. Membutuhkan pengawasan dan pengontrolan secara berkala untuk mengarahkan blade kearah angin.

Kelebihan Turbin Angin Horizontal

- a. Tower-nya yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar untuk mendapatkan energi.
 - b. Efisiensi lebih tinggi. Hal ini dikarenakan blade selalu bergerak tegak lurus terhadap angin
2. Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)

Turbin angin sumbu vertikal atau tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna ditempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. TASV mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah. Jika dibandingkan dengan turbin angin horizontal, turbin angin ini memiliki kecepatan yang lambat, sehingga energi angin yang tersedia pun lebih rendah.



Gambar.2.5. Turbin Angin Sumbu Vertikal (www. gambar turbin angin sumbu vertikal. com)

Kekurangan Turbin Angin Vertikal

- a. Memiliki penurunan efisiensi. Jika dibandingkan dengan turbin angin horizontal, turbin angin vertikal memiliki penurunan efisiensi hal ini dikarenakan adanya hambatan tambahan yang mereka miliki sebagai pisau memutar ke angin

- b. Memiliki kecepatan angin yang rendah. Yang kedua adalah jenis turbin ini memiliki kecepatan angin yang rendah. Karena turbin angin poros vertikal memiliki rotor dekat dengan tanah.

Kelebihan Turbin Angin Vertikal

- a. Yang pertama adalah turbin angin tidak memerlukan perawatan yang ekstra. Sehingga tidak membutuhkan biaya yang lebih banyak untuk merawatnya.
- b. Yang kedua adalah turbin angin juga sangat mudah dirawat karena letaknya yang dekat dengan tanah.
- c. Turbin angin ini memiliki kecepatan stratum angin rendah dibandingkan dengan turbin angin horizontal.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan didekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongkannya dan lebih muda diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas)). Bisa saja tercipta bisa saja saat kincir berputar.

Karena sulit dipasang diatas menara, turbin tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat turbin diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi yang sedikit. Aliran udara didekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan *bearing wavyang* akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal. (Ismail, dkk, 2017)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat

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

3.1.2. Waktu Penelitian

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

Tabel 3.1 : Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

		Waktu (Bulan)						
No	Kegiatan	10	11	12	1	2	3	
1	Study literature							
2	Desain alat turbin angin <i>darrieus</i>							
3	Pembuatan alat Turbin angin <i>darrieus</i>							
4	Perakitan alat Turbin angin <i>darrieus</i>							
5	Evaluasi alat Turbin angin <i>darrieus</i>							

3.2. Alat dan bahan

3.2.1. Alat

1. Mesin Bor

Mesin Bor adalah jenis mesin gerakannya memutar alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan). Seperti terlihat pada gambar 3.4. Dibawah ini.



Gambar 3.1. Mesin bor

2. Mesin gerinda

Mesin gerinda adalah alat yang digunakan untuk meratakan permukaan pada bekas las dan memotong bahan-bahan yang lain. Seperti yang terlihat pada gambar 3.5. Dibawah ini



Gambar 3.2. Mesin gerinda

3. Penggaris siku

Penggaris siku adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang pendeknya plat yang hendak dipotong. seperti terlihat pada gambar 3.6. dibawah ini.



Gambar 3.3. Penggaris siku

4. Kunci inggris

Kunci inggris adalah untuk melepas atau memasang mur/baut yang dapat disetel menyempit atau melebar menyesuaikan dengan ukuran mur atau bautnya. Seperti yang terlihat pada gambar 3.7. Dibawah ini.



Gambar 3.4. Kunci inggris

5. Tang

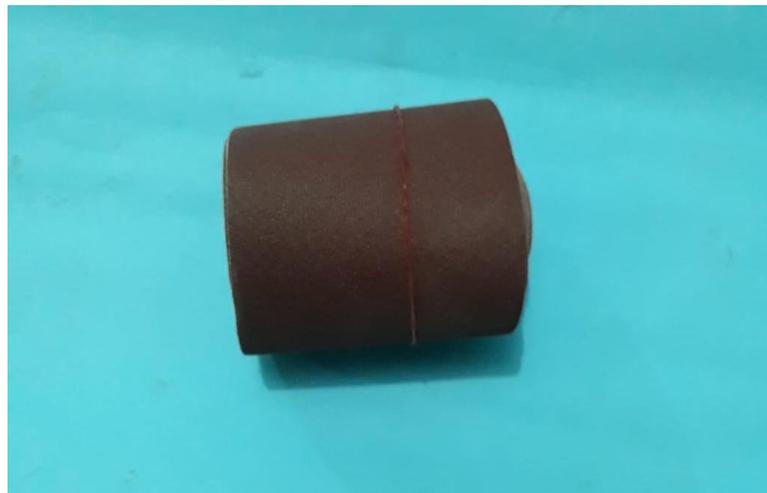
Tang adalah alat yang digunakan untuk memegang benda kerja. Seperti yang terlihat pada gambar 3.8. Dibawah ini.



Gambar 3.5. Tang

6. Amplas/kertas pasir

Amplas kertas/kertas pasir adalah sejenis kertas yang digunakan untuk membuat permukaan benda-benda menjadi lebih halus yang hendak di cat dengan cara menggosokkan salah satu permukaan amlas yang telah ditambahkan bahan yang kasar kepada permukaan benda tersebut. Seperti yang terlihat pada gambar 3.9. Dibawah ini.



Gambar 3.6. Amplas/kertas pasir

7. Mesin las listrik dan perlengkapannya

Mesin las listrik adalah alat menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Seperti yang terlihat pada gambar 3.10. Dibawah ini.



Gambar 3.7. Mesin las

3.2.2. Bahan

1. Plat besi

Plat besi adalah alat yang digunakan sebagai tempat dudukan generator yang berfungsi sebagai penopang pada turbin angin. Seperti yang terlihat pada gambar 3.11. Dibawah ini.



Gambar 3.8. Plat besi

2. Plat aluminium

Plat aluminium adalah salah satu material logam ringan dan kuat berbentuk lembaran yang mudah dalam pengerjaan dan perawatannya. Plat aluminium memiliki sifat yang tahan terhadap segala cuaca serta tidak mudah terbakar

sehingga cocok untuk digunakan. Digunakan untuk pembuatan sudu turbin angin darrieus atau pisau baling-baling. Seperti yang terlihat pada gambar 3.12. Dibawah ini.



Gambar 3.9. Plat aluminium

3. *Bearing*

Bearing merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena berfungsi untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Sehingga mampu menahan putaran poros turbin angin darrieus saat berputar dan mengurangi gaya gesek saat putaran tinggi. Seperti terlihat pada gambar 3.13. Seperti dibawah ini



Gambar 3.10. *Bearing*

4. Rumah bearing

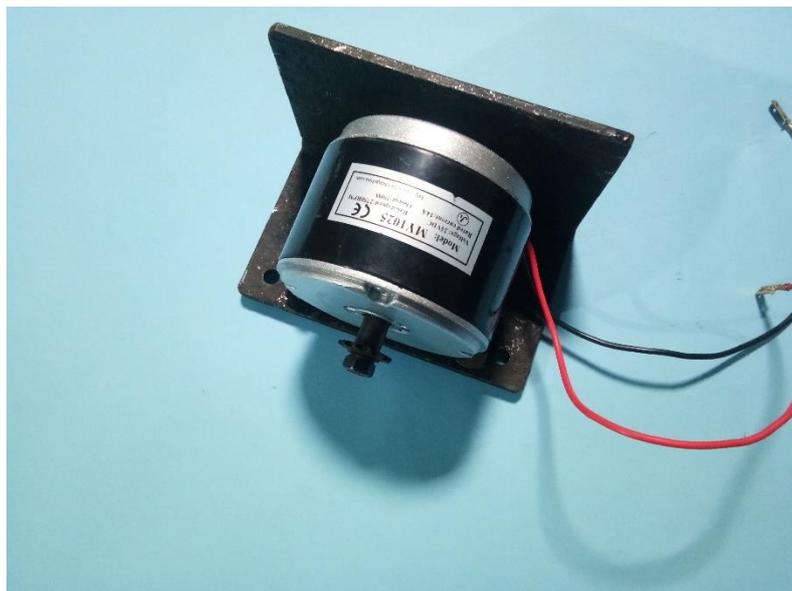
Rumah bearing sebagai tempat yang digunakan menopang bearing dari getaran yang berlebihan yang dapat mengikat turbin angin darrieus. Seperti yang terlihat pada gambar 3.14. Dibawah ini.



Gambar 3.11. Rumah bearing

5. Generator

Generator adalah sumber tenaga listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Seperti yang terlihat pada gambar 3.15. dibawah ini.



Gambar 3.12. Generator

6. Bantalan generator

Bantalan generator lah bahan yang terbuat dari karet yang berfungsi sebagai tempat dudukan generator dan meredam getaran pada saat turbin angin berputar. Seperti yang terlihat pada gambar 3.16. dibawah ini.



Gambar 3.13. Bantalan generator

7. Baut dan mur

Baut dan mur fungsinya adalah menggabungkan beberapa komponen-komponen sehingga terikat erat dan tergabung menjadi satu bagian yang memiliki sifat tidak permanen (bisa dibongkar pasang). Seperti terlihat pada gambar 3.17. dibawah ini.



Gambar 3.14. Baut dan Mur

8. Baterai

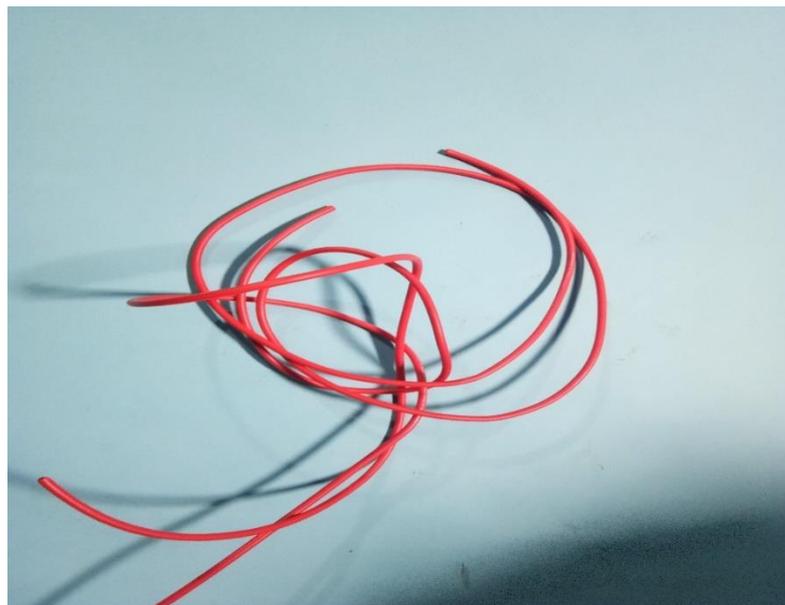
Baterai adalah sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang digunakan untuk menyediakan arus listrik pada kebutuhan yang digunakan seperti lampu dan komponen listrik yang lainnya. Seperti yang terlihat pada gambar 3.18. dibawah ini



Gambar 3.15. Baterai

9. Kabel / wayar

Kabel / wayar adalah terbuat dari tembaga atau kuningan yang mampu menghantarkan arus listrik tanpa adanya hambatan dan sebagai penghubung arus listrik dari komponen satu ke komponen yang lainnya. Seperti terlihat pada gambar 3.19. dibawah ini.



Gambar 3.16. Kabel / Wayar

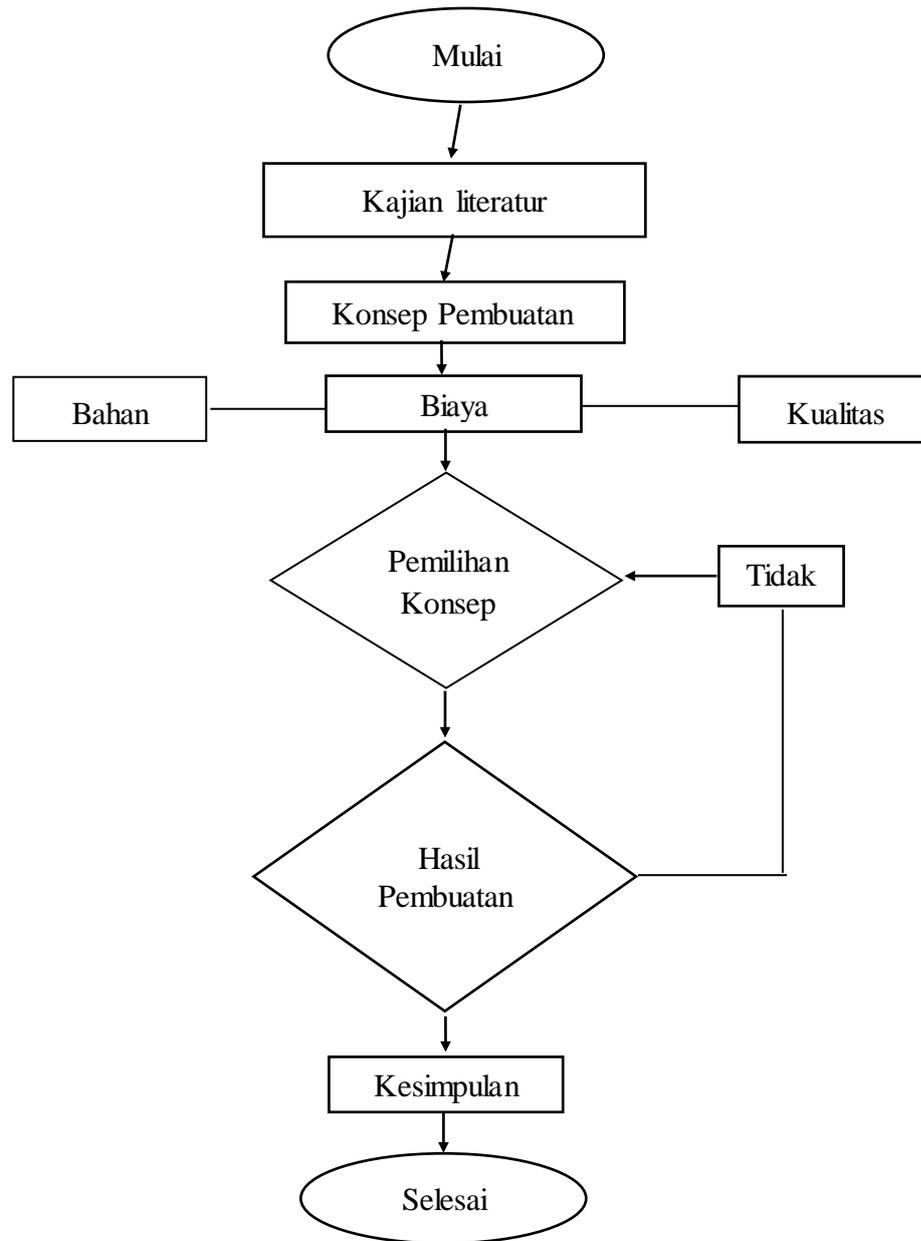
10. Pipa besi

Pipa besi adalah sebagai tempat dudukan dari beberapa komponen dan mampu menyanggah komponen turbin. Seperti terlihat pada gambar 3.10. dibawah ini.



Gambar 3.17. Pipa besi

3.3 Diagram Alir



Gambar. 3.18. Diagram alir penelitian

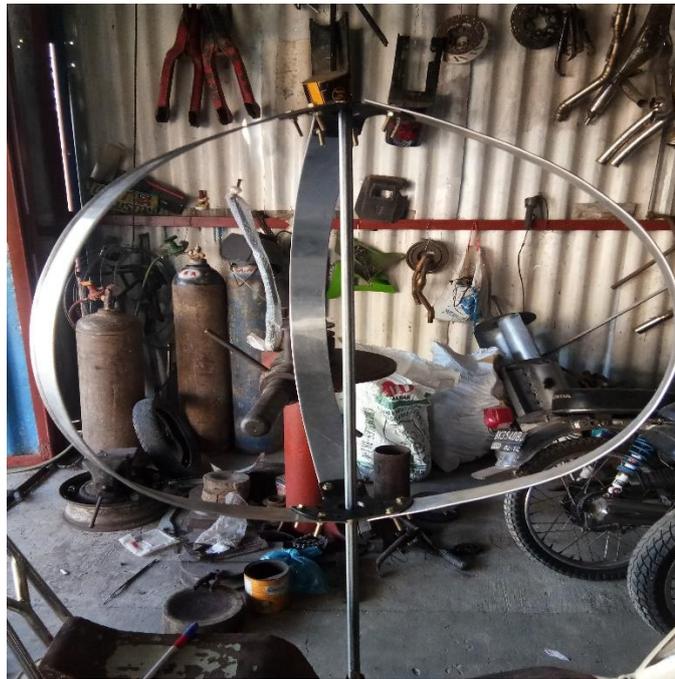
3.4 Prosedur pembuatan

1. Persiapan bahan plat aluminium yang akan diukur dengan sesuai ukuran yang dirancang, lalu setelah diukur melakukan pemotongan dengan gunting
2. Melengkungkan daun yang sudah dipotong dengan secara manual
3. Membuat lubang pada ujung daun dengan bor tangan, setiap ujungnya dibuat dua lubang pengikat.
4. Membuat penyambung daun ke poros sesuai dengan ukuran yang dirancang
5. Pemotongan poros rotor dengan ukuran yang sudah dirancang
6. Pengelasan penyambung daun ke poros rotor atas dan bawah
7. Lalu daun darrieus disambungkan ke penyambung dengan baut sampai ketiganya selesai
8. Rotor disambungkan ke Penyangga rotor, ke rumah generator.
9. selesai

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pembuatan

4.1.1. Rotor Turbin Darrieus



Gambar. 4.1. Rotor turbin darrieus

Hasil dari pembuatan rotor darrieus dengan tiga bilah berbahan aluminium, sudah dilengkapi dengan penghubung daun darrieus dari material besi dan pengikat menggunakan baut.



Gambar. 4.2. Penyangga rotor darrieus

Pembelian suku cadang berbeda beda material diawal dari pembelian plat besi untuk duduk generator seharga Rp. 175.000 dan kita tempah dengan ukuran yang cukup untuk diikat ke generator, biaya penempahan dudukan generator juga persis dengan biaya pembelian plat besi. Lalu pembelian generator, yang dibutuhkan dua buah generator yang masing masing harga Rp. 900.000. Setelah itu, membeli plat alumunium selembat serharga Rp. 125.000 dengan ketebalan plat aluminium 0.7 mm, dan berikutnya melakukan penempahan di rumah industri dengan biaya Rp. 250.000. sudah mendapatkan hasil tiga bilah darrieus.

Tabel. 4.2. Daftar suku cadang dan harga

No	Suku cadang	Harga pembelian Rp.	Harga penempahan Rp.	Jumlah benda
1	Dudukan generator	175.000	175.000	2
2	Generator	1.800.000	-	2
3	Rotor turbin darrieus	125.000	250.000	3

4.2. Hasil Komponen Yang dibuat

4.2.1 Dudukan Generator

Dudukan generator dibuat supaya generator tetap aman dan terlindungi dari getaran dan generator bisa diatur sesuai arah duduknya.



Gambar. 4.3. Mengukur plat besi yang akan dipotong

Setelah pemilihan dan pengukuran plat besi untuk dudukan generator, maka plat besi kita bor sesuai dengan ukuran yang dibuat.



Gambar. 4.4. Mengebor plat besi untuk pengikat

Berikutnya yang Plat besi yang sudah dibor dengan ukuran yang ditentukan, maka plat besi kita halus kan bekas pengeboran pada lubang plat besi.



Gambar. 4.5. Hasil plat besi yang sudah dibor milling

Setelah sudah kita bersihkan pengeboran pada lubang dudukan, maka dudukan generator ini kita sambungkan dengan pengelasan.



Gambar. 4.6. Pengelasan pada plat dudukan generator

Setelah pengelasan dudukan generator dari gambar yang di atas maka selesailah pengerjaan membuat dudukan generator, dan dapat dilihat pada gambar di bawah. Gambar 4.6.



Gambar. 4.7. Hasil jadi pembuatan dudukan generator

Hasil dari pengerjaan dudukan generator yang sudah dipakai dan kita satukan dengan generatornya. dapat dilihat pada gambar di bawah. Gambar 4.7.



Gambar. 4.8. Hasil duduk generator

4.2.2. Bahan Komponen *Darrieus*

Komponen *darrieus* dibuat dari bahan material plat aluminium yang ketebalan pada 0,7 mm lebar daun bilah *darrieus* 7,5 cm dan panjang 120cm.

Gambar di bawah bisa dilihat plat aluminium yang akan digunting dan dikerjakan.



Gambar. 4.9. Plat aluminium

Berikut setelah sudah plat aluminium dipersiapkan maka diukur dengan meteran dan rol. bisa dilihat pada gambar di bawah.



Gambar. 4.10. Plat aluminium yang diukur

Sesudah plat aluminium diukur, maka plat aluminium digunting dan dipersiapkan untuk dilengkungkan. dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar. 4.11. Plat aluminium yang digunting

Setelah diukur dan digunting sampe menjadi 3 potongan komponen, maka daun segera dibuat lengkungan dengan pengerjaan yang ditekan dan dilengkungkan, seperti pada gambar yang di bawah.



Gambar. 4.12. Melengkungkan yang sudah digunting

Potongan komponen yang sudah dilengkungkan dengan cara pengerjaan yang dapat dilihat pada gambar di atas sampai tiga potongan



Gambar. 4.13. Potongan yang sudah dilengkungkan

Proses pengerjaan profil pada daun darrieus di pinggir kanan dan kiri, agar daun darrieus lebih kaku dan keras.



Gambar. 4.14. Proses pengerjaan profil kanan dan kiri

Gambar kedua pada proses pengerjaan profil kanan kiri pada daun bilah *darrieus*.



Gambar. 4.15. Proses pengerjaan profil kanan dan kiri (2)

Setelah selesai dibuat profil kanan dan kiri pada daun *darrieus* yang pada gambar di atas. maka akan dilengkungkan kembali daun *darrieus* yang udah berprofil.



Gambar. 4.16. Proses melengkungkan komponen

Bisa dilihat pada gambar di bawah bagaimana cara melengkungkan komponen *darrieus* secara manual.



Gambar. 4.17. Proses melengkungkan komponen (2)

Hasil dari melengkungkan komponen *darrieus*, dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar. 4.18. Hasil yang sudah dilengkungkan

4.2.3. Hasi pembuatan komponen *darrieus*

Dari seluruh pengerjaan pembuatan komponen *darrieus* sudah selesai dari awal dan akhir, komponen yang sudah dibuat berprofil kanan dan kiri dan ditambahkan profil luar untuk menambah inovasi pada komponen *darrieus* tersebut, dapat kita lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar. 4.19. Hasil keseluruhan pembuatan komponen

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Dari penelitian pembuatan turbin angin darrieus, maka bisa disimpulkan rotor turbin angin lebih efisien.

1. menggunakan jumlah bilah rotor lebih banyak
2. bilah rotor diameter lebih besar

SARAN

diharapkan penelitian pembuatan turbin angin darrieus ini dilanjutkan dan disempurnakan oleh mahasiswa sesudah saya berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton Hekso, Y. dan Bachtiar, I Kahfi, dan Hasrofiddin. (2019) *Perancangan Turbin Angin Tipe Hybrid Savonius Darrieus Sumbu Vertikal*. Tanjung Pinang: Program Studi Teknik Elektro, UMRAH.
- Akbar M Fadiel. dan Chalillulah. (2018) *Pengujian Kinerja Turbin Angin Kombinasi Darrieus-Savonius*. Jakarta: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Trisakti.
- Hamzah, F Oskar. dan Kaprawi S. dan Rusmaryadi, H. (2018) *Model Perencanaan Performansi Aerodinamika Turbin Angin Darrieus Dengan Metode Multiple Streamtube*. Palembang: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Universitas Tridianti Palembang.
- Hartono, F. dan Arsad M Agus. *Pembuatan Kode Desain Dan Analisis Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe H*. Bandung: Universitas Nurtanio Bandung, ITB.
- Hardianto Gian Andri. dan Sujana Wayan, I. dan Asroful Anam. (2018) *Pengaruh Parameter Efisiensi Dan Daya Terhadap Kinerja Turbin Angin Vertikal Darrieus Tipe H Naca 4309*. Malang: Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang
- Herlamba Indra, S. (2014) *Komparasi Kinerja Turbi Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dengan Bilah Profil NACA 0018 Dengan Dan Tanpa Wind Deflector*. Surabaya: Program Studi Teknik Mesin, UNESA.
- Janon Akraphon. (2018) *Torque Coefficient Analysis Of A Novel Direct-Drive Pararrel-Stream Counter-Rotating Darrieus Turbine System*. Thailand: Departement Of Mechanical Engineering, Khon Kaen University.
- Latief Melda. dan Puriza Yonggi, M. (2018) *Pemilihan Bahan Sudu Untuk Perancangan Dan Pembuatan Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal*. Bangka Belitung: Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bangka Belitung, Universitas Andalas.
- Sulfahmy Alifi, M. Reno. (2017) *Pengaruh Sudut Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe H*. Kediri: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Suphandani, V. dan Taufiqurrahman, R. (2017) *Penelitian Numerik Turbin Angin Darrieus Dengan Variasi Jumlah Sudu Dan Kecepatan Angin*. Surabaya: Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Thioritz Stevy dan Koten Kolo Victus. (2017) *Karakteristik Turbin Darrieus Dengan Dan Tanpa Sudu Tetap Pada Proses Pemanfaatan Aliran Air Tekanan Rendah Menjadi Energi Mekanik*. Makassar: Program Studi Teknik Mesin, Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya.
- Triyanti. Dan Erlanda, P. Dan Ismail. (2017) *Optimasi Perancangan Turbin Angin Vertikal Tipe Darrieus Untuk Perancangan Di jalan Tol*. Jagakarta: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila.

Wardani Sando Krisna. (2017) *Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe H*. Kediri: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri.

R.A. Siregar dan C.A. Siregar. (2019) *Pembangunan Turbin Angin Darrieus-Savonius Sebagai Ikon Wisata Laut Dan Kuliner Di Belawan*. Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Ir. Astu Pudjanarsa, M.T. dan Prof. Ir. Djati Nursuhud, MSME. (2006) *Buku Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Penerbit: CV ANDI OFFSET

[www.http://databoks.katadata.co.id/datapubl](http://databoks.katadata.co.id/datapubl)

[www.http://indonesia.go.id](http://indonesia.go.id)

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PEMBUATAN BILAH TURBIN ANGIN DARRIEUS DENGAN KAPASITAS
MAKSIMUM 300 WATT

Nama : Koko Sudarmawan
NPM : 1507230057

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Rakhmad Arief Siregar, S.T., M.Eng
Dosen Pembimbing 2 : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	20/1/20	perhatikan blade 1 & blade 2	
2	21/1/20	lungsur blade 3	
3	4/2/20	lungsur blade 4	
4	10/2/20	perhatikan blade 4	
5	10/2/20	lungsur pemb II	

AC Sumina 

All Semu 

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Koko Sudarmawan
NPM : 1507230057
Tempat/Tanggal Lahir : Medan / 18 - November - 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum kawin
Alamat : Lingkungan 20
RT/RW : 000/000
Kel/ Desa : Rengas Pulau
Kecamatan : Medan Marelan
Provinsi : Sumatera Utara

Nomor Hp : 082298070747
E-mail : kokosudarmawan11@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Sutrisno
Ibu : Dewi Umiati

PENDIDIKAN FORMAL

2002-2008 : SD SWASTA BUDI AGUNG
2008-2011 : SMP SWASTA BUDI AGUNG
2011-2014 : SMK-TI SWASTA BUDI AGUNG
2015-2020 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara