

**PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN JENIS BAHAN BILAH
UNTUK MENINGKATKAN EFESIENSI**

SKRIPSI

OLEH :

ANDREAS TIOPAN TOGATOROP

20.812.0007



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 30/4/26

Access From (repository.uma.ac.id)30/4/26

**PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN JENIS BAHAN BILAH
UNTUK MENINGKATKAN EFESIENSI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Di Falkultas Teknik

Universitas Medan Area

Oleh:

Andreas Tiopan Togatorop

20.812.0007

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Mempertimbangkan
 Jenis Bahan Bilah Untuk Meningkatkan Efisiensi

Nama : Andreas Tiopan Togatorop

NPM : 20.812.0007

Fakultas : Teknik Elektro



Tanggal Lulus : 26 Agustus 2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

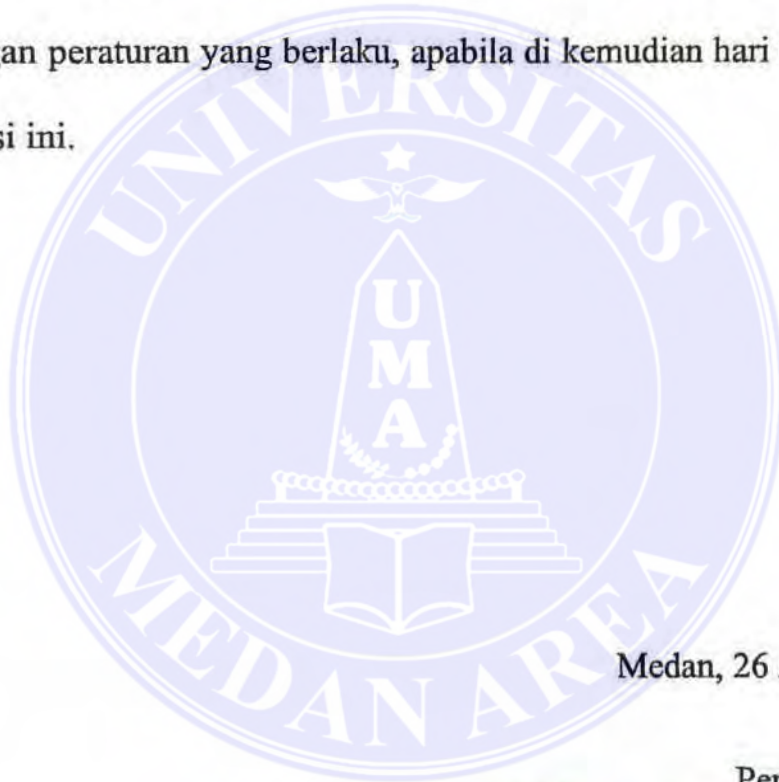
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 30/4/26

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 26 Agustus 2025

Penulis,

Andreas Tiopan Togatorop

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andreas Tiopan Togatorop

NPM : 208120007

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : **“Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Mempertimbangkan Jenis Bahan Bilah Untuk Meningkatkan Efisiensi ”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 26 Agustus 2025

Yang menyatakan



(Andreas Tiopan Togatorop)

Document Accepted 30/4/26

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga bayu kebanyakan menggunakan bilah sumbu Horizontal. Pada model ini, bilah dan generator AC yang digunakan memiliki ukuran dimensi yang lebih kecil. Pada penelitian prototype pembangkit listrik tenaga bayu ini menggunakan bilah vertikal jenis *Darrieus*, jenis bilah ini mampu menerima angin dari arah manapun tanpa berputar kearah sebaliknya. Penggunaan bilah vertikal tidak membutuhkan sumbu dan ekor untuk mencari angin sehingga konstruksi lebih mudah. Pemberian penyangga bilah dilakukan agar rotor tidak terbebani berat bilah sehingga mengakibatkan menurunnya putaran rotor. Guna mendapatkan hasil yang maksimal pada penelitian ini dilakukan dengan metode perancangan, pengujian, dan analisis hasil pada prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan menggunakan jenis bahan bilah dari bahan seng dan akrilik untuk mempertimbangkan jenis bahan mana yang paling efesiensi yang digunakan. Penelitian ini menggunakan Generator AC yang mampu mengeluarkan tegangan untuk menghidupkan lampu LED. Dalam hasil penelitian ini pada prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan mempertimbangkan jenis bahan bilah, pada pengujian dengan kecepatan hembusan angin sebesar 4.3 m/s untuk memutar baling-baling bilah bahan seng dan akrilik, terdapat dari hasil bilah bahan seng pengujian tanpa beban baling-baling bilah seng berputar dengan kecepatan putaran sebesar 40 Rpm dan Generator AC mengeluarkan tegangan 11 Volt, Arus 1,67 dan daya sebesar 18 Watt sedangkan dari hasil bilah bahan akrilik pengujian tanpa beban baling-baling bilah akrilik berputar dengan kecepatan sebesar 45 Rpm dan Generator AC mengeluarkan tegangan sebesar 13 Volt, Arus sebesar 1,54 dan daya 20 Watt. Adapun juga dengan pengujian baling-baling bilah bahan seng menggunakan beban lampu dengan kecepatan hembusan angin masih sama yaitu 4,3 m/s baling-baling bilah bahan seng berputar dengan kecepatan putaran sebesar 40 Rpm, gerator AC mengeluarkan tegangan 11 Volt, arus pada lampu 0,3 Ampere dan daya 3,3 Watt. Sedangkan pada pengujian baling-baling bilah bahan akrilik menggunakan beban lampu terdapat kecepatan putaran pada baling-baling bilah bahan akrilik sebesar 45 Rpm, generator mengeluarkan tegangan sebesar 13 Volt dan arus pada lampu 0,4 Ampere dan daya 5 Watt. Setelah dapat data dari pengujian prototype PLTB bahan bilah seng dan akrilik maka perhitungan efesiensi pada bahan bilah seng tanpa beban sebesar 10% dan menggunakan beban lampu 1,8% sedangkan perhitungan efesiensi pada bahan bilah akrilik tanpa beban sebesar 11% dan menggunakan beban lampu sebesar 2,4% dengan begitu dapat disimpulkan dalam perbandingan untuk mempertimbangkan jenis bahan bilah seng dan akrilik yang paling efesiensi adalah menggunakan jenis bahan bilah akrilik dikarenakan dapat menghasilkan nilai efesiensi yang lebih besar. Dan dapat berputar lebih konstan dibandingkan jenis bahan bilah seng.

Kata Kunci: Turbin angin, Kecepatan Angin, Generator AC, Lampu LED

ABSTRACT

Most wind power plants use horizontal axis blades. In this model, the blades and AC generators used have smaller dimensions. In this wind power plant prototype research, a Darrieus type vertical blade is used, this type of blade is able to receive wind from any direction without rotating in the opposite direction. The use of vertical blades does not require an axis and tail to find the wind so that construction is easier. The provision of blade supports is done so that the rotor is not burdened by the weight of the blades, resulting in a decrease in rotor rotation. In order to obtain maximum results, this study was carried out with the design, testing, and analysis methods of the results on the wind power plant prototype using the type of blade material from zinc and acrylic to consider which type of material is most efficient to use. This study uses an AC generator that is capable of producing voltage to power LED lights. In the results of this study on the prototype of wind power plants by considering the type of blade material, in testing with a wind speed of 4.3 m / s to rotate the zinc and acrylic material blade propellers, there are results from the zinc material blade testing without load, the zinc blade propeller rotates at a rotational speed of 40 Rpm and the AC generator produces a voltage of 11 Volts, a current of 1.67 and a power of 18 Watts while from the results of the acrylic material blade testing without load, the acrylic blade propeller rotates at a speed of 45 Rpm and the AC generator produces a voltage of 13 Volts, a current of 1.54 and a power of 20 Watts. As well as testing the zinc material blade propeller using a lamp load with the same wind speed of 4.3 m / s, the zinc material blade propeller rotates at a speed of 40 Rpm, the AC generator produces a voltage of 11 Volts, a current on the lamp of 0.3 Ampere and a power of 3.3 Watts. While in the testing of acrylic blade propellers using a lamp load, there is a rotation speed of the acrylic blade propeller of 45 Rpm, the generator produces a voltage of 13 Volts and a current of 0.4 Ampere on the lamp and a power of 5 Watts. After obtaining data from the testing of the PLTB prototype of zinc and acrylic blade materials, the efficiency calculation for zinc blade materials without a load is 10% and using a lamp load of 1.8% while the efficiency calculation for acrylic blade materials without a load is 11% and using a lamp load of 2.4% so it can be concluded in a comparison to consider the most efficient type of zinc and acrylic blade material is to use the acrylic blade material type because it can produce a greater efficiency value. And can rotate more constantly than the zinc blade material type.

Keywords: Wind Turbine, Wind Speed, AC Generator, LED Lamp

RIWAYAT HIDUP

Penulis di lahirkan di Medan, pada tanggal 26 Maret 2002 dari Ayah Jonser Togatorop dan Ibu Mariani Manik. Penulis merupakan anak ke-6 dari 6 bersaudara.

Tahun 2019 Penulis lulus dari SMA NEGERI 7 MEDAN dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Pada tanggal 14 Agustus sampai 1 September tahun 2023 penulis melakukan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. PLN ULP BELAWAN.



KATA PENGANTAR

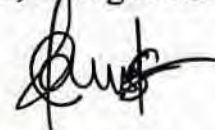
Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Pembuatan alat ini berjudul *"Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Dengan Mempertimbangkan Jenis Bahan Bilah Untuk Meningkatkan Efisiensi"*

Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa materi, moral dan spiritual. Selayaknya Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan secara moral maupun material.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Eng. Supriatno, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Habib Satria, M.T, M.Kom, IPM, Asean Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
5. Ibu Dr. Ir Dina Maizana, M.T. selaku Dosen Pembimbing.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Staff Pegawai di Fakultas Teknik Elektro Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 26 Agustus 2025



(ANDREAS TIOPAN TOGATOROP)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2 Pengertian Energi Bayu	10
2.2.1 Asal Energi Bayu	11
2.2.2 Prinsip Kerja Energi Bayu	12
2.2.3 Faktor Yang Berperan Pada Pembangkit Tenaga Bayu	13
2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan (PLTB)	14
2.3 Turbin Bayu	14
2.4 Tipe turbin Bayu	16
2.4.1 Turbin Angin Sumbu Horisontal.....	16
2.4.2 Turbin angin sumbu vertikal.....	18
2.5 Kontruksi Turbin Bayu	21
2.6 Generator AC	22
2.6.1 Prinsip Kerja Generator AC	23
2.6.2 Cara Kerja Generator AC	24

2. 6.3 Kontruksi Generator AC.....	25
2.7 Lampu	27
2.8 Kabel Listrik.....	30
2.9 Jenis – Jenis Bahan	31
2.9.1 Seng.....	31
2.10.2 Akrilik	31
BAB III METEDOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.1.1 Tempat Penelitian	33
3.1.2 Waktu Penelitian.....	33
3.2 Kebutuhan Bahan dan Alat.....	34
3.2.1 Bahan Perancangan	34
3.2.2 Alat Perancangan.....	34
3.3 Data Spesifikasi Generator AC.....	35
3.4 Metode Penelitian.....	35
3.5 Tahapan Penelitian	35
3.6 Diagram Alir Skema Pemasangan Prototype PLTB	36
3.7 Perancangan Model Kontruksi Prototype PLTB	37
3.7.1 Sketsa Perancangan Prototype PLTB	37
3.8 Diagram Alir Perancangan Prototype PLTB	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.2 Hasil Prototype PLTB.....	39
4.2 Pengujian Prototype PLTB Dengan Jenis Bahan Bilah Seng	39
4.2.1 Analisis Efisiensi pada Prototype PLTB Jenis Bahan Seng	41
4.3 Pengujian Prototype PLTB Dengan Jenis Bahan Bilah Akrilik.....	43
4.3.1 Analisis Efisiensi pada Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik....	45
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Energi Bayu	12
Gambar 2.2 Turbin Bayu	15
Gambar 2.3 Turbin Bayu Jenis American Multiblade	17
Gambar 2.4 turbin Bayu tipe Dutch Four Aarm	18
Gambar 2.5 Turbin Bayu jenis propeler.....	18
Gambar 2.6 Turbin Darrieus	19
Gambar 2.7 Turbin Savonius	20
Gambar 2.8 Komponen – komponen Turbin	22
Gambar 2.9 Generator AC.....	23
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Generator	24
Gambar 2.11 Cara Kerja Generator AC.....	24
Gambar 2.12 Rotor Kutub Salient.....	26
Gambar 2.13 Rotor Silinder	26
Gambar 2.14 Lampu Halogen	28
Gambar 2.15 Lampu Pijar.....	28
Gambar 2.16 Lampu TL	29
Gambar 2.17 Lampu LED	30
Gambar 2.18 Seng	31
Gambar 2.19 Akrilik.....	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Skema Perancang Prototypr PLTB.....	37
Gambar 3.2 Sketsa Perancangan Prototype PLTB	37
Gambar 3.3 Flowcart Perancangan Prototype PLTB.....	38
Gambar 4.1 Prototype PLTB Jenis Bahan Bilah Seng.....	40
Gambar 4.2 Prototype PLTB Jenis Bahan Bilah Aktilik.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian	33
Tabel 3.2 Data Spesifikasi Pembangkit Generator AC	35
Tabel 4.1 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Seng Tanpa Beban.....	40
Tabel 4.1 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Seng Beban Lampu	41
Tabel 4.2 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik Tanpa Beban	44
Tabel 4.1 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik Beban Lampu.....	45



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Kecepatan Angin Dengan Daya Output Bahan Seng	37
Grafik 4.2 Kecepatan Putaran Bilah Dengan Daya Keluaran Bahan Seng	38
Grafik 4.3 Efisiensi Dengan Kecepatan Angin Bahan Seng	38
Grafik 4.4 Kecepatan Angin Dengan Daya Output Bahan Akrilik	41
Grafik 4.5 Kecepatan Putaran Bilah Dengan Daya Keluaran Bahan Akrilik ...	42
Grafik 4.6 Efisiensi Dengan Kecepatan Angin Bahan Akrilik	42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan populasi yang pesat menjadi penyebab meningkatnya permintaan listrik, namun pasokan belum mengimbangnya. Permintaan publik terus meningkat sementara kapasitas listrik terpasang tetap sama. Masyarakat Indonesia bergantung pada pasokan listrik PLN untuk menopang kegiatan ekonomi selain penerangan. Pemadaman listrik yang terjadi sering terjadi, terutama selama periode beban tinggi. Hal ini terjadi ketika beban yang digunakan melebihi kapasitas yang tersedia. (Alnavis et al., 2024)

Karena kebutuhan listrik yang terus meningkat, akan membutuhkan waktu yang lama untuk membangun pembangkit tenaga listrik. Selain itu, para perencana sistem harus mempertimbangkan perkembangan sistem tenaga listrik yang mungkin terjadi di masa mendatang. Akibatnya, mereka harus mengembangkan industri listrik yang mencakup perencanaan pembangkitan, sistem kontrol dan proteksi, serta sistem transmisi dan distribusi listrik yang akan didistribusikan ke konsumen. Pembangkit skala besar seringkali menghadapi kendala yang signifikan dalam hal jumlah dana yang diperlukan untuk pembangunan dan waktu pembangunan yang lama di pusat-pusat. Dengan kata lain, pembangunan sektor kelistrikan harus dapat memenuhi kebutuhan tenaga listrik yang akan terus meningkat setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, pembangkit tenaga listrik harus menggunakan sumber daya alam yang tersedia, yang dikenal sebagai energi terbarukan.

Secara geografis, Indonesia memiliki lokasi yang tepat untuk mengembangkan sumber energi terbarukan alternatif ini. Energi angin, yang berhembus dengan kecepatan rata-rata 5 m/detik sepanjang tahun, merupakan salah satu sumber energi yang dapat menghasilkan energi listrik dalam skala besar.

Namun, energi angin, yang merupakan sumber daya alam yang dapat diperoleh secara gratis dan tersedia sepanjang tahun, memungkinkan pengembangan sistem pembangkit listrik skala kecil. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah melakukan penelitian teknis terhadap mesin konversi energi untuk menentukan cara terbaik untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan untuk

menghasilkan listrik. Untuk memaksimalkan hasil kincir angin dalam kondisi kecepatan angin yang rendah, inovasi baru harus dikembangkan. (E. Maulana & Djatmiko, 2021)

Turbin angin terbagi menjadi dua jenis berdasarkan jenis rotornya: turbin angin mendatar (juga dikenal sebagai turbin angin sumbu horizontal) dan turbin angin sumbu vertikal (juga dikenal sebagai turbin angin sumbu vertikal). Turbin horizontal (HAWT) memiliki poros utamanya berputar untuk mengubah arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Seperti sayap pesawat, blade turbin ini berbentuk airfoil, dan semakin banyak blade semakin tinggi putaran turbin. Turbin angin sumbu tegak vertikal (VAWT) memiliki gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. Kelebihan turbin vertikal adalah torsi yang tinggi, yang memungkinkan mereka berputar pada kecepatan angin rendah. Kekurangannya adalah kecepatan angin di bawah sangat rendah, yang berarti bahwa apabila tidak digunakan, turbin akan menghasilkan putaran yang lebih rendah dan kurang efisien daripada HAWT. (Hawt et al., 2014)

Oleh karena itu, seperti yang dinyatakan di atas, penelitian tugas akhir ini akan melakukan "Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Dengan Mempertimbangkan Jenis Bahan Bilah Untuk Meningkatkan Efisiensi". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan bahan mana yang lebih efisien dalam menghasilkan energi listrik dari pada bahan lain yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perancangan prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan perbedaan jenis bahan bilah?
2. Bagaimana hasil tegangan output dengan perbedaan jenis bahan bilah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu?
3. Bagaimana tingkat efisiensi yang paling baik dengan perbedaan jenis bahan bilah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perancang prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan perbedaan jenis bahan bilah?
2. Untuk mengetahui hasil tegangan output dengan perbedaan jenis bahan bilah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu
3. Untuk mengetahui tingkat efisiensi yang paling baik dengan perbedaan jenis bahan bilah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang mencakup pada penelitian ini adalah:

1. Pada perancangan bilah (PLTB) menggunakan jenis-jenis bahan yang berbeda yaitu jenis bahanya Pelastik, Kayu dan Seng.
2. Pada perancangan bilah (PLTB) untuk mengetahui tegangan output pada generator dengan perbedaan jenis-jenis bahan yang digunakan
3. Pada perancangan bilah (PLTB) menggunakan generator pembangkit dalam skala kecil

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memahami dalam melakukan perancangan bilah pembangkit listrik tenaga bayu dengan jenis-jenis bahan yang berbeda
2. Manfaat umum yaitu sebagai sumbangan pemikiran untuk pertimbangan dalam pembangunan pembangkit listrik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penulisan proposal ini, sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan terkait latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika.

BAB II TUNJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai pokok pembahasan dan landasan teori sebagai dasar dari penelitian ini

BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan tentang waktu dan pelaksanaan kegiatan penelitian serta metode yang digunakan atau di terapkan dalam tugas akhir ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan dengan penempatan data yang telah diteliti.

BAB V SARAN DAN KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian tersebut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini dilakukan oleh (E. Maulana & Djatmiko, 2021) Listrik dapat dihasilkan dengan memanfaatkan tenaga angin. Hal ini dicapai dengan menggunakan bilah turbin untuk mengubah energi angin dari energi mekanik menjadi energi kinetik, yang memutar generator yang dapat menghasilkan listrik. Perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin Savonius tipe-U berdaya 100 W dilakukan dalam studi ini menggunakan pendekatan Pahl & Beitz. Dengan pelat baja galvanis berukuran 3668 mm x 920 mm dan poros baja karbon S-45 C berukuran 4310 mm x 20 mm, turbin angin Savonius merupakan perangkat yang besar. Kelembapannya adalah 30 °C, dan kecepatan angin rata-rata adalah 4 m/s. 199,9889 rpm adalah kecepatan putar maksimum yang dapat dihasilkan turbin dengan mekanisme yang tepat. Oleh karena itu, turbin ini dapat dibuat untuk pembangkit listrik tenaga angin Savonius berbentuk U berdaya 100 watt.

Penelitian ini dilakukan oleh (Watt & Bilah, 2022) Untuk mendukung daya tarik wisata ini, daya sebesar 3,5 kW diekstraksi dari kebutuhan listrik Gunung Kerinci. Oleh karena itu, daya angin gunung, yang bervariasi antara ± 6 m/s, dimanfaatkan untuk membuat komponen turbin angin sumbu horizontal (HAWTs). Analisis, produksi, desain, dan simulasi masing-masing dilakukan dengan Qblade dan Solidworks. Setelah dipersiapkan, dimensi bilah turbin adalah panjang 5,5 meter, lebar 0,5 meter, dan tebal 0,5 meter. Selanjutnya, pengujian dilakukan pada skala 1:10, dengan bilah turbin dan komponen pendukungnya—hub bilah turbin, tiang bilah turbin, dudukan generator, dan sirip—dibuat sesuai dengan skema produksi. Bilah turbin pada skala 1:10 digunakan dalam dua studi. Keduanya dikonversi ke rotasi per detik. Pada percobaan pertama, tegangan 18 volt dihasilkan dengan kecepatan putar 898,6 rpm, sementara pada percobaan kedua, tegangan 20 volt dihasilkan dengan kecepatan putar 916,8 rpm dan kecepatan angin 1,3 m/s. Rasio Kecepatan Tip yang direncanakan dan RPS kemudian dibandingkan; hasilnya menunjukkan bahwa keduanya masing-masing adalah 8,6 dan 7,5. Rasio Kecepatan Tip yang diantisipasi terlampaui oleh Rasio Kecepatan Tip yang direncanakan.

Penelitian ini dilakukan oleh (Rifai et al., 2021) Salah satu fasilitas pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia, yang disebut PLTB, menggunakan angin sebagai penggerak utama turbin. Turbin angin tersedia dalam dua jenis: turbin angin sumbu vertikal (TASV) dan turbin angin sumbu horizontal (TASH). Karena jenis Savonius memiliki hambatan yang lebih besar daripada jenis turbin vertikal lainnya, TASV inilah yang digunakan dalam desain ini. Salah satu jalan raya yang panjang dan berdensitas rendah adalah jalan raya antar negara bagian, di mana kendaraan dapat mencapai kecepatan di atas 60 km/jam dan menghasilkan kecepatan angin 3 hingga 15 m/detik, yang tidak diragukan lagi cukup untuk menggerakkan turbin Savonius. Sebuah katrol dan sabuk akan digunakan untuk menghubungkan poros ke generator guna mengubah kecepatan putar turbin Savonius. Turbin ini diprediksi menghasilkan listrik paling besar, dengan daya keluaran sebesar 232,63 watt, menurut perhitungan berdasarkan desain turbin Savonius.

Penelitian ini dilakukan oleh (Indriani et al., 2020) Listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin. Wilayah Bengkulu, yang utamanya berada di pesisir, dapat memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi alternatif dan berkelanjutan dengan memasang turbin angin. Ukuran, bentuk, dan lokasi turbin angin memengaruhi kinerjanya. Perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan posisi turbin sumbu vertikal dan sumbu horizontal menjadi subjek utama penelitian ini. Turbin angin ini memiliki tiga bilah yang terbuat dari kayu dan generator DC magnet permanen untuk sumbu vertikal dan horizontal. Turbin ini memiliki daya keluaran maksimum 800 watt. Dua jenis turbin yang berbeda telah dicoba di pesisir Bengkulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan angin pada putaran desain pembangkit listrik tenaga angin sumbu horizontal adalah 3,5 m/s, sedangkan kecepatan angin pada putaran desain pembangkit listrik tenaga angin sumbu vertikal adalah 6,5 m/s. Pada kecepatan angin 3,5 meter per detik, desain pembangkit listrik tenaga angin sumbu horizontal menghasilkan tegangan 12 volt. Pada kecepatan angin 6,5 m/s, desain pembangkit listrik tenaga angin sumbu vertikal menghasilkan tegangan 9 volt.

Penelitian ini dilakukan oleh (R. P. Maulana, 2022) Pembangkit listrik hibrida mengintegrasikan beberapa sumber energi terbarukan atau tak terbarukan dan menggunakan beberapa pembangkit listrik (gabungan). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji kondisi pembangkit listrik tenaga surya dengan beban dan tanpa beban, serta kondisi pembangkit listrik tenaga angin dengan beban dan tanpa beban. Pengaruh pembangkit listrik hibrida dengan beban dan tanpa beban juga dikaji dalam penelitian ini. Dengan beban lampu 25 W dan kecepatan angin 4 m/s, pembangkit listrik tenaga angin menghasilkan 7,2 VDC tanpa beban dan arus 3,6 V dengan beban lampu saat lampu menyala (redup). Pembangkit listrik tenaga surya menghasilkan tegangan 20,74 VDC pada sudut kemiringan 57° pada pukul 10:00 WIB. Saat beban 25 W diberikan, pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin hibrida menghasilkan tegangan 15,15 V, arus 2,1 A, dan daya 31,82 W. Dengan beban lampu 190 W, pembangkit listrik tenaga surya dan angin hibrida ini menghasilkan tegangan 3,1 VDC dan arus 4 ADC, dengan total daya 12. Generator hibrida ini dapat menghasilkan daya dan tegangan yang besar karena menggabungkan dua generator yang saling mendukung untuk menyalakan lampu dengan beban yang berat. Pengujian menunjukkan bahwa bola lampu 190 watt dapat dinyalakan oleh generator hibrida.

Penelitian ini dilakukan oleh (Wicaksono & Apriaskar, 2023) Karena penggunaan bahan bakar fosil yang terus berlanjut, mulai dari pembangkit listrik bertenaga fosil hingga banyaknya mobil tradisional yang masih digunakan, suhu udara di Indonesia meningkat dengan cepat, berkontribusi pada perubahan iklim ekstrem yang sedang terjadi di negara ini. Salah satu solusi potensial untuk masalah bahan bakar fosil adalah pembangkit listrik tenaga angin (PLTB). Energi listrik dapat dihasilkan menggunakan generator turbin yang ditenagai oleh angin. Keluaran energi turbin sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin. Karena pengukuran manual (analog) masih digunakan untuk pengukuran keluaran turbin angin, kecepatan angin yang berfluktuasi akan berdampak pada prosedur pembacaan data keluaran, yang menyebabkan gangguan dan hasil yang tidak akurat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memeriksa energi yang dihasilkan oleh fasilitas tenaga angin menggunakan prototipe. Prototipe tersebut menggunakan NodeMCU untuk mengontrol dan mengirimkan data yang dihasilkan

sensor ke perangkat lunak Blynk, dan sensor INA 219 untuk memantau energi turbin. Dengan daya maksimum 6370,93 mW selama pengujian, hasil uji alat pemantau PLTB menunjukkan nilai tegangan turbin yang cukup konsisten, berkisar antara 0,86 V dan 0,87 V. Jarak antara kipas dan turbin memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah arus yang dihasilkan. Perubahan nilai tegangan tidak memengaruhi kondisi LED; tingkat arus yang dihasilkan selama pengujian bervariasi antara 0,1 mA hingga 7,3 mA.

Penelitian ini dilakukan oleh (Putra et al., 2019) Terdapat berbagai jenis pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat. Gagasan di balik turbin angin (PLTB) adalah bahwa ia merupakan sumber daya yang tak terbatas. Turbin ini mengubah energi angin menjadi energi mekanik berputar, yang kemudian disambungkan ke gearbox untuk memutar generator. Turbin angin sumbu vertikal berfungsi sebagai sumber daya alternatif di wilayah dengan laju angin rendah hingga sedang. Diameter sapuan rotor, tinggi sapuan rotor, dan diameter poros turbin angin masing-masing adalah 1 m, 1,11 m, dan 5 cm. Baterai dapat digunakan untuk menyimpan daya keluaran 100 watt-nya. Eksperimen dan simulasi digunakan untuk mengumpulkan data guna menghitung efisiensi dan persentase kesalahan PLTB.

Penelitian dilakukan oleh (Pangestu et al., n.d.) Kehidupan sehari-hari masyarakat terkait erat dengan beragam perangkat teknologi yang membantu mereka melakukan pekerjaan sehari-hari dan memungkinkan ekspansi perusahaan-perusahaan yang membutuhkan energi. Saat ini, bahan bakar fosil—batu bara, minyak, gas alam, dan lainnya—merupakan bentuk energi yang paling banyak digunakan. Karena sumber energi ini menghasilkan limbah, manusia perlu mempertimbangkan cara-cara untuk mencegah polusi. Selain itu, mereka juga perlu memikirkan cara-cara untuk mengurangi polusi ini. Mengingat ketersediaan sumber daya alam terbarukan seperti energi angin dan matahari, pemerintah berupaya mengoptimalkannya untuk menyediakan listrik bagi masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, sebuah perangkat dikembangkan untuk menghasilkan energi listrik dari energi angin. Salah satu teknologi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik dari angin adalah turbin angin.

Penelitian ini dilakukan oleh (Huda & Kurniawan, 2023) Seiring pertumbuhan penduduk Indonesia, kebutuhan listrik negara ini pun meningkat. Namun, hingga saat ini, energi yang dihasilkan PT. PLN belum dapat memenuhi kebutuhan energi secara merata. Distribusi energi listrik yang tidak merata di Indonesia dapat diatasi dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Pemerintah Indonesia berupaya mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Tujuan dari peraturan ini adalah untuk mencegah peningkatan permintaan listrik tahunan yang menyebabkan kelangkaan sumber energi berbasis fosil. Sistem pembangkit listrik hibrida dirancang menggunakan simulasi perangkat lunak HOMER. Biaya pembangunan pembangkit listrik hibrida angin dan surya adalah Rp 80.875.269.985,30, biaya output per kilowatt-jam adalah Rp 2.425,34, dan pengembalian investasi yang diharapkan adalah Rp 5.000.000.000,00. Pembangkit listrik hibrida ini terdiri dari enam turbin angin 600 kW, modul surya 400 kW dengan 308 panel surya, 572 baterai, dan inverter 1.100 kW. Sebesar 30,9 persen berasal dari modul surya, sementara 2,5 persen berasal dari turbin angin. Pembangkit listrik ini menempati lahan seluas 66.274 meter persegi.

Penelitian ini dilakukan oleh (Sidqi et al., 2022) Pembangkit listrik tenaga angin menggunakan energi angin sebagai energi kinetik untuk menghasilkan listrik melalui generator dan kincir angin karena angin merupakan salah satu energi tak terbatas di Bumi. Salah satu sumber energi alternatif yang berkembang pesat adalah sistem utama pembangkit listrik tenaga angin. Tujuan pembuatan pembangkit listrik tenaga angin vertikal adalah menggunakan motor hoverboard BLDC 250 watt yang dapat dikonversi menjadi generator 50 watt untuk menghasilkan pembangkit listrik tenaga angin horizontal. Kecepatan angin rata-rata di wilayah pesisir Kota Lhokseumawe diukur sebagai bagian dari desain ini. Selanjutnya, tentukan generator mana yang akan digunakan dalam desain tersebut. Menemukan desain bilah yang dapat digunakan dengan kalkulator tenaga angin adalah langkah selanjutnya dalam proses desain. Komponen-komponen dipasang setelah semua desain selesai. Kecepatan angin tipikal di pesisir Lhokseumawe, menurut pengujian ini, adalah 4-5 m/s, dan tegangan keluarannya sekitar 8-10 volt.

2.2 Pengertian Energi Bayu

Kincir angin, yang kemudian dihubungkan ke generator atau turbin, adalah cara pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) memanfaatkan energi angin.

Listrik kemudian dihasilkan dengan metode ini. Apa sebenarnya energi angin itu? Sumber energi yang jauh lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah tenaga angin.

Pemanfaatan energi angin sangat disarankan karena pasokannya yang tak terbatas dan melimpah. Energi ini menarik karena tidak menghasilkan banyak limbah atau kontaminan dan menghilangkan kebutuhan bahan bakar sebagai sumber energi.

Energi ini berasal dari energi kinetik yang diubah menjadi angin dan selanjutnya diubah menjadi bentuk yang lebih bermanfaat. Begitulah energi angin didefinisikan secara sederhana. Setelah membaca ini, Anda seharusnya memahami konsep energi angin.

Kincir angin, yang telah ada sejak awal penggunaan energi angin, merupakan contoh umum bagaimana energi angin dapat dimanfaatkan. Pompa air dan pembangkit listrik tenaga angin adalah dua contoh pemanfaatan energi angin modern. Sejak zaman kuno, manusia telah memanfaatkan energi angin. Kincir angin secara tradisional telah digunakan untuk menggiling biji-bijian, memompa air, dan menghasilkan listrik, di antara berbagai kegunaan lainnya. Bahkan awal abad ke-20 menyaksikan penemuan kincir angin.

Awalnya digunakan untuk memompa air guna mengairi pertanian dan ternak, kincir angin telah menyebar ke seluruh dunia untuk menghasilkan listrik.

Bahkan sekarang, energi angin semakin populer setiap harinya. Penggunaan energi angin tidak selalu meningkat sejak awal; bahkan, terkadang menurun. Seiring naiknya harga bensin, energi angin pun ikut naik, begitu pula sebaliknya. Pemanfaatan turbin akan turun atau bahkan turun jika harga bahan bakar turun. Udara yang bergerak mengandung energi kinetik angin.

2.2.1 Asal Energi Angin

Matahari adalah sumber semua energi terbarukan, termasuk energi bahan bakar fosil. Setiap jam, matahari memancarkan 1,74 kali 1.014 kilowatt-jam energi, atau 1,74 kali 1.017 watt listrik, ke Bumi, tidak termasuk sumber energi panas bumi dan pasang surut yang tidak terbarukan.

Satu hingga dua persen energi berasal dari angin. Akibatnya, energi angin lebih dari 50–100 kali lipat energi yang diubah oleh semua tumbuhan di Bumi menjadi biomassa.

Sudah menjadi pengetahuan umum bahwa pertukaran energi antara udara panas dan dingin menghasilkan angin. Panas, pemuai, dan kilat menyebabkan udara panas di khatulistiwa, pada suhu 0°, naik dan bergerak menuju daerah yang lebih dingin, seperti kutub. Udara tenggelam dan mendingin di iklim dingin. Akibatnya, udara bersirkulasi, bergerak dari Kutub Utara ke Khatulistiwa melalui permukaan Bumi dan dari Khatulistiwa ke Kutub Utara melalui lapisan udara atas. Listrik dapat dihasilkan dengan memutar turbin menggunakan energi terbarukan dari udara yang bergerak. Ketika udara memiliki massa (m) dan kecepatan (v), ia akan menghasilkan energi kinetik berikut:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

E = Energi Kinetik (jouley)

m = Masa Udara (Kg)

v = Kecepatan Angin (m/s)

Rumus diatas juga berlaku untuk angin yang meruapakan udara yang bergerak. Jika suatu “blok” udara memiliki penampang A dan bergerak dengan kecepatan v , maka jumlah massa yang melewati suatu tempat dapat dilihat pada rumus berikut:

$$m = \rho \cdot A \cdot v \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

m = kelajuan aliran massa udara (kg/s)

ρ = kerapatan udara (kg/m³) A = luas penampang (m²)

v = kecepatan angin (m/s)

Dengan luas penampang dapat di tentukan dengan persamaan berikut:

$$A = d \times h \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

d = Diameter Sudu (m)

h = Tinggi Sudu (m)

Dengan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan dari energi angin yaitu:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

ρ = densitas udara ($\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)

A = luas penampang turbin (m²)

v = kecepatan udara (m/s)

2.2.2 Prinsip Kerja Energi Angin

Energi angin sangat fleksibel, berbeda dengan energi air. Bisa digunakan di mana saja, baik di dataran tinggi maupun di landai, bahkan di laut.

Ide dasar di balik pemanfaatan energi angin adalah angin diubah menjadi energi rotasi oleh kincir angin, yang kemudian digunakan untuk memutar generator, yang pada gilirannya menghasilkan listrik.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Energi Angin

(Indriani et al., 2020)

Hembusan Angin (1) kipas/baling-baling berputar digerakan oleh angin (2) dan terhubung ke generator (3). Tidak seperti motor listrik, generator bekerja dalam arah yang berlawanan. Motor listrik membutuhkan listrik untuk beroperasi, sementara generator menghasilkan listrik berdasarkan kecepatan putarannya. Panel kontrol yang menampung beberapa generator (4) menerima energi listrik yang dihasilkan oleh generator dan menggunakan transformator step-up (5) untuk menaikkannya ke tegangan tinggi. Hal ini bertujuan untuk efektivitas biaya dan efisiensi daya. Karena daya sama dengan tegangan dikalikan arus, penampang kabel yang lebih kecil dapat menghasilkan tegangan yang lebih tinggi untuk daya yang sama.

2.2.3 Faktor Yang Berperan Pada Pembangkit Tenaga Bayu

Salah satu faktor terpenting dalam pembangkitan energi angin adalah kecepatan angin. Kecepatan angin dan udara diukur dengan anemometer. Dengan tingkat akurasi 3%, kecepatan angin akan berubah seiring waktu dan tempat. Ini menunjukkan bahwa keluaran daya akan berkisar antara +/- 9%. Misalnya, angin di Indonesia bisa lebih kencang di siang hari daripada di malam hari, dan bahkan di malam hari, mungkin tidak ada pergerakan udara yang terlihat di beberapa lokasi.

Sebelum naik ke ketinggian yang lebih tinggi, udara yang bergerak di dekat permukaan akan bergerak dengan kecepatan nol. Ini adalah fenomena alami dalam aliran dekat permukaan yang stasioner. Karena terlalu dekat dengan permukaan akan menghasilkan kecepatan angin yang sangat rendah dan pembangkitan daya yang sangat sedikit, semakin tinggi semakin baik. Kecepatan angin 5-7 m/s biasanya membutuhkan ketinggian 5-12 m.

Bilah baling-baling yang lebih tinggi dengan diameter 20 meter atau lebih akan menghasilkan daya dorong yang lebih besar daripada bilah yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa kecepatan angin di ujung atas baling-baling sekitar 1,2 kali lipat kecepatan angin di ujung bawahnya. Faktor ini perlu dipertimbangkan saat merencanakan tiang (menara) dan daya baling-baling. Turbin angin besar khususnya terpengaruh oleh hal ini.

Kontur permukaan juga memengaruhi kecepatan angin. Kecepatan angin akan rendah di daerah perkotaan dengan banyak rumah, apartemen, dan

perkantoran bertingkat. Lihat kecepatan angin di tempat lapang. Apakah angin mudah bergerak atau tidak bergantung pada seberapa padat benda di permukaan bumi. Saat mendesain turbin angin, faktor porositas ini juga harus dipertimbangkan.

2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan (PLTB)

1. Kelebihan

- Menggunakan energi terbarukan
- Ramah lingkungan, dan tidak berpolusi

2. Kekurangan

- Studi kasus lapangan membutuhkan waktu yang lama untuk memutuskan pengadaan lokasi PLTB (Ladang Angin).
- Membutuhkan lokasi area terbuka yang luas, yang dapat mengganggu lingkungan
- Membangun struktur relatif tinggi yang berpotensi mengganggu transportasi udara membutuhkan izin lahan
- Biaya instalasi sangat tinggi
- Tidak dapat diandalkan karena bergantung pada faktor-faktor alami.
- Tidak efisien

2.3 Turbin Bayu

Turbin angin / bayu pada awalnya dibuat untuk memenuhi kebutuhan para petani untuk irigasi dan penggilingan padi dan menghasilkan listrik. Turbin angin kuno, yang lebih dikenal sebagai windmill, dapat ditemui di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya banyak menggunakan turbin angin.

Turbin angin menggunakan dalam sistem konversi energi angin (SKEA). Mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik, yang kemudian digunakan untuk berbagai tujuan, beberapa hal seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik atau menggerakkan pompa untuk pengairan.



Gambar 2.2 Turbin Bayu
(Indriani et al., 2020)

Prinsip kerja dasar turbin angin adalah sebagai berikut: angin diubah menjadi energi putar oleh kincir angin, yang kemudian memutar generator dan menghasilkan listrik. Dengan memanfaatkan angin, sumber daya alam terbarukan, dan menerapkan konsep konversi energi, turbin angin semakin banyak digunakan untuk memasok listrik bagi masyarakat. Hingga saat ini, pengembangan turbin angin belum mampu bersaing dengan pembangkit listrik tradisional (seperti pembangkit listrik tenaga batu bara dan diesel). Kurangnya sumber daya alam tak terbarukan (seperti batu bara dan minyak bumi) sebagai bahan baku pembangkit listrik akan menjadi perhatian bagi peradaban, sehingga para ilmuwan masih terus mengembangkan turbin angin. Karena bahan bakar tak terbarukan seperti batu bara dan minyak akan segera habis, para ilmuwan menciptakan turbin angin. Biasanya, turbin angin hanya dapat mengumpulkan 20% hingga 30% dari total outputnya. Oleh karena itu, dengan meningkatkan komponen-komponen berikut, kita dapat meningkatkan efisiensi turbin angin.

1. Baling – baling

Baling—Baling panjang bias mengumpulkan atau menangkap lebih banyak energi daripada yang pendek. Ini karena baling-baling panjang, berat dan rentan mudah rusak. Fokus studi untuk mempertahankan panjang, kekuatan, dan ketebalan tetapi dengan berat yang sama.

2. Kontrol

Kencangnya angin meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan. Sementara itu. Baling-baling dirancang dengan bobot ringan, sehingga angin kencang tidak dapat menghancurkan turbin dengan mudah. Angin dapat merusak konstruksi baling-baling, bahkan menerbangkannya dengan mudah, jika tidak ada mekanisme rem atau penurunan kecepatan baling-baling. Kecepatan putaran baling-baling sangat dipengaruhi oleh rem, yang masih dipelajari.

Turbin angin horisontal bersudu tiga atau dua adalah yang paling umum digunakan. Kincir angin adalah jenis kincir digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Daya dihasilkan oleh turbin angin bergantung pada panjang diameter sudu. Namun saat ini, turbin angin banyak digunakan untuk menghasilkan listrik dari bumi melalui konversi energi dan penggunaan angin, sumber daya alam dapat diperbarui.

2.4 Tipe Turbin Bayu

2.4.1 Turbin Bayu Sumbu Horisontal

Jenis turbin angin yang paling banyak digunakan adalah yang bersumbu horizontal. Turbin angin jenis ini terdiri dari menara dengan baling-baling di puncaknya yang berfungsi sebagai rotor dan menghadap atau membelakangi arah angin, tetapi ada juga yang memiliki kurang atau lebih bilah baling-baling daripada yang disebutkan di atas. Turbin angin sumbu horisontal memiliki berbagai jenis, seperti:

1. Tipe American Multiblade

Jenis turbin angin dengan banyak sudu adalah turbin angin American Multiblade, yang biasanya memiliki lebih dari tiga sudu. Sesuai dengan namanya, turbin angin American Multiblade banyak ditemukan di Amerika Serikat dan digunakan untuk menggiling biji-bijian, menghasilkan listrik, dan air. Gambar 2.3 menunjukkan gambar turbin angin ini.



Gambar 2.3 Turbin Bayu Jenis American Multiblade
(Sidqi et al., 2022)

2. Tipe Dutch Four Aarm

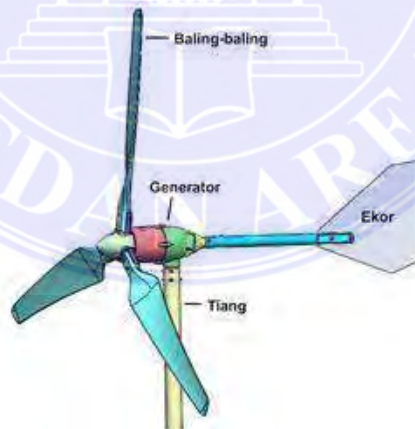
Turbin Bayu Dutch Four Aarm (DFA) memiliki empat sudu. Gambar 2.4 menunjukkan gambar turbin angin Dutch Four Aarm, biasanya digunakan oleh negara Belanda sebagai penggerak pompa yang dapat membasahkan lahan dengan memompa air dari polder, yang merupakan area di mana air dipompa keluar. Dengan angin teratur, pompa dapat tetap beroperasi. Selama berabad-abad, Belanda telah menggunakan turbin angin jenis ini untuk menggiling gandum dan memompa air untuk mengeringkan wilayahnya yang lebih rendah dari laut.



Gambar 2.4 turbin angin tipe Dutch Four Aarm
(Sidqi et al., 2022)

3. Tipe propeler

Turbin angin propeler jenis ini biasanya berisi dua atau tiga sudu. Kincir angin propeler sangat efisien. Karena karakteristiknya yang unggul, jenis ini biasanya digunakan untuk sistem pembangkit listrik tenaga angin. Gambar 2.5 menunjukkan jenis kincir angin propeler:



Gambar 2.5 Turbin Angin jenis propeler
(Sidqi et al., 2022)

2.4.2 Turbin Bayu Sumbu Vertikal

Prinsip yang sama berlaku untuk turbin bayu dengan sumbu vertikal. Namun, sudunya berputar dalam bidang yang paralel dengan tanah, seperti yang terlihat

dalam pengocok telur atau mixer. Karena kecepatan rotasi angin tercapai pada putaran rotor dan kecepatan angin yang tidak terlalu tinggi, turbin angin dengan jumlah sudu banyak lebih cocok digunakan pada daerah dengan potensi energi angin yang rendah. Untuk menghasilkan listrik, turbin angin dengan sudu kecil tidak akan berfungsi dengan baik di daerah dengan kecepatan rata-rata kurang dari 4 m/s. Oleh karena itu, daerah dengan potensi energi angin rendah adalah tempat yang tepat untuk membangun turbin angin yang membutuhkan mekanik. Untuk keperluan ini, turbin angin seperti Savonius, Cretan sail, dan multiblade dapat digunakan. Turbin sumbu vertikal dibagi menjadi dua jenis yaitu : Savonius dan Darrieus.

1. Turbin Darrieus

Turbin angin Darrieus, yang awalnya dipamerkan di Prancis pada tahun 1920-an, dipatenkan di Amerika Serikat oleh G.J.M. Darrieus pada tahun 1931. Turbin ini kemudian disempurnakan pada tahun 1974 dan menghasilkan listrik sebesar 64 kW. Keunggulan turbin angin ini adalah dapat menghasilkan listrik di wilayah dengan kecepatan angin lebih rendah karena bentuknya vertikal dan menyerupai troposkein, sebuah penemuan Yunani. Bilah-bilah tegak pada turbin angin sumbu vertikal ini berputar searah angin, seperti yang terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Turbin Darrieus.
(Huda & Kurniawan, 2023)

2. Turbin Bayu Savonius

Sigurd J. Savonius pertama kali menemukan turbin bayu tipe savonius, yang sangat sederhana. Turbin VAWT ini memiliki bentuk rotor setengah silinder. Turbin bayu Savonius berfungsi dengan prinsip drag differential, yang cukup sederhana. Gambar 2.7 menunjukkan contoh turbin Savonius.



Gambar 2.7 Turbin Savonius
(Sudirman et al., 2020)

Bilah dapat digunakan untuk mengubah energi angin. Energi angin yang memutar bilah akan diteruskan ke shaft generator, yang akan memutar shaft dan menghasilkan listrik. Rumus perancangan pembuatan bilah adalah sebagai berikut:

1. Jari-jari Bilah

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

R = Jari-jari Bilah (m)

A = Luas Sapuan Bilah (m)

2. Jari-jari Parsial

$$\lambda r = \frac{r}{R} \lambda R \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

λr = TSR Parsial untuk setiap element

r = Jari-jari Parsial (m)

UNIVERSITAS MEDAN AREA Jari-jari Bilah (m)

$$\lambda R = \text{TSR Bilah}$$

3. Sudut alir /*flow Angle*

$$\phi = \frac{2}{3} \tan^{-1} \frac{1}{\lambda r} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana : blm

ϕ = Sudut Alir atau flow angle ($^{\circ}$)

λr = TSR parsial untuk setiap elemen

4. Sudut Puntir/*Twist*

$$\beta = \phi - \alpha \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

ϕ = Sudut alir atau flow angle ($^{\circ}$)

α = sudut serang angin terhadap (*Angle Of Attack*) ($^{\circ}$)

5. Koreksi lebar bilah

$$Z = \frac{Cr}{\cos\beta} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

Cr = Lebar bilah atau Chord

Z = koreksi lebar bilah

β = Sudut puntir atau twist angle ($^{\circ}$)

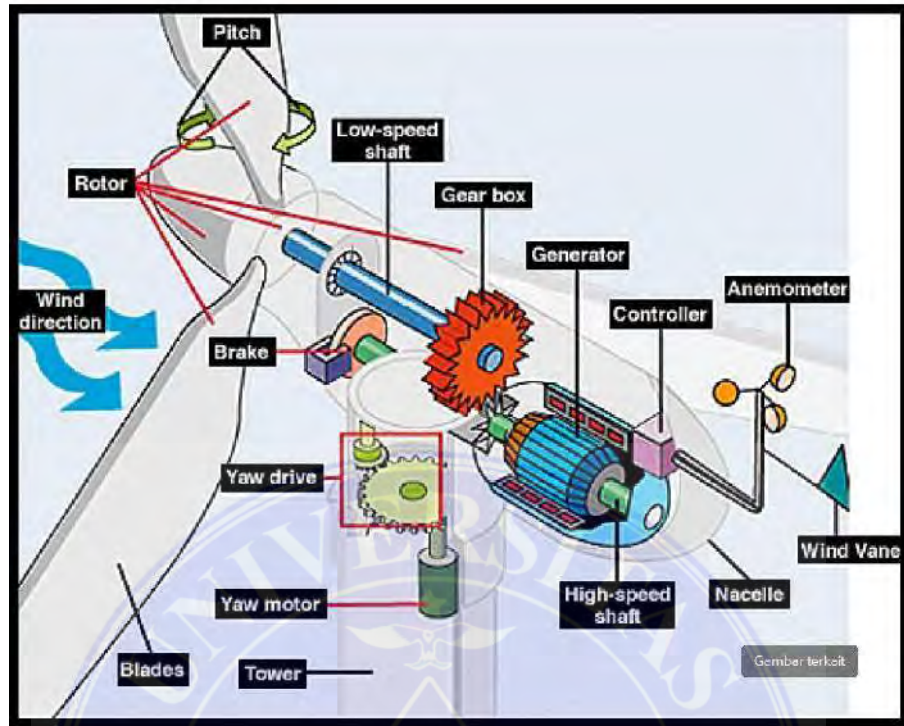
2.5 Konstruksi Turbin Bayu

Tujuan turbin angin adalah untuk menangkap dan memanfaatkan energi angin yang melewatinya. Membangun turbin angin membutuhkan penentuan ketinggian menara yang optimal, perancangan sistem kontrol, dan penentuan jumlah, bentuk, serta tata letak turbin secara umum.

Energi angin diubah menjadi energi listrik oleh turbin angin. Tiga bagian utama membentuk turbin angin sumbu horizontal:

- Komponen Rotor
- Komponen Generator

- Komponen Struktural



Gambar 2.8 Komponen – komponen Turbin
(Indriani et al., 2020)

2.6 Generator AC

Energi mekanik dapat diubah menjadi energi listrik arus bolak-balik menggunakan generator AC. Generator AC dan generator DC adalah dua jenisnya. Untuk menghasilkan arus bolak-balik, generator AC menggunakan cincin selip, sedangkan generator DC menggunakan arus searah.

Aplikasi generator AC sangat beragam, termasuk skuter listrik, sepeda, kapal pesiar, dan pembangkit listrik. Turbin angin, pembangkit listrik tenaga air kecil, mesin pembakaran dalam, dan turbin uap merupakan sumber energi mekanik yang umum untuk generator AC. Aliran gas bertekanan rendah dapat dihasilkan dari aliran gas bertekanan tinggi dengan bantuan generator AC.

Energi mekanik dinamis dapat diubah menjadi energi listrik AC menggunakan generator AC. Energi ini dihasilkan oleh proses induksi pada kawat yang dililitkan di kedua kutubnya. Ketika garis gaya internal kumparan terputus, terjadi induksi magnetik.

Terdapat dua pelat logam setengah lingkaran (komutator) yang mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah. Besarnya ggl induksi ditentukan oleh jumlah garis gaya yang terputus setiap detik.

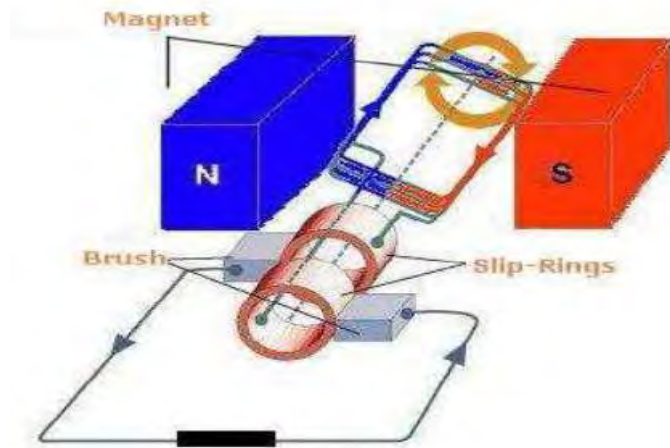


Gambar 2.9 Generator AC

2.6.1 Prinsip Kerja Generator

Hukum Faraday mengatakan bahwa gaya gerak listrik akan terbentuk pada sebatang penghantar yang berada pada medan magnet yang berubah-ubah. Ini adalah prinsip dasar generator arus bolak-balik. Besar tegangan generator dipengaruhi oleh:

1. Kecepatan Putaran (N)
2. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (Z)
3. Banyaknya Fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (F)
4. Kontruksi Generator



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Generator

(Asy & Ardiyatmoko, 2020)

2.6.2 Cara Kerja Generator AC

Saat kumparan berputar, medan magnet yang kuat dihasilkan. GGL dihasilkan dalam satu arah ketika salah satu sisi kumparan naik menembus medan magnet. Namun, GGL dihasilkan dalam arah yang berlawanan ketika kumparan terus berputar dan sisi yang berlawanan turun.

Aturan tangan kanan Fleming digunakan untuk menentukan arah GGL induksi. Operasi ini diulang dalam setiap siklus, menghasilkan GGL tipe bolak-balik.

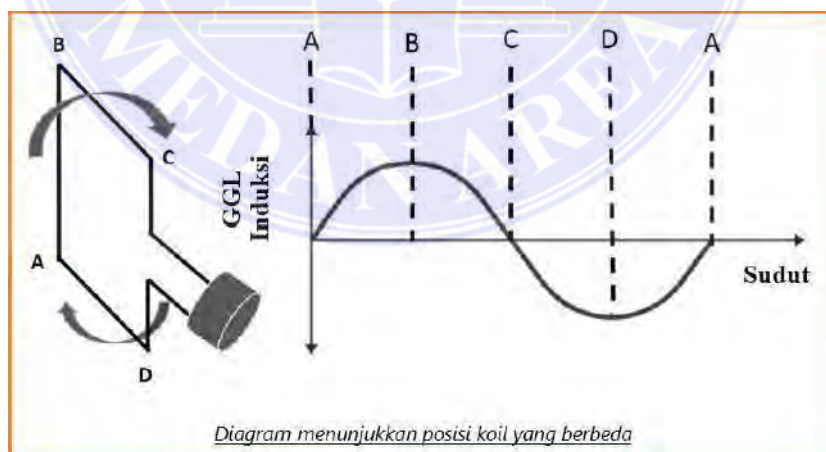


Diagram menunjukkan posisi koil yang berbeda

Gambar 2.11 Cara Kerja Generator AC

(Asy & Ardiyatmoko, 2020)

Output dari generator AC ditunjukkan di atas dengan gambar 2.11.

- A: Ketika kumparan berada pada 0 derajat, kumparan tidak menimbulkan ggl karena bergerak sejajar dengan medan magnet.
- B: Ketika kumparan berada pada sudut 90 derajat, kumparan bergerak pada sudut 90 derajat ke medan magnet, menginduksi ggl maksimum.
- C: Ketika kumparan berada pada 180 derajat, kumparan tidak menimbulkan ggl karena bergerak sejajar dengan medan magnet.
- D: Ketika kumparan berada pada 270 derajat, kumparan bergerak kembali pada 90 derajat ke medan magnet, menginduksi ggl maksimum. Dalam situasi ini, ggl yang diinduksi berlawanan dengan B.
- A: Saat kumparan berputar 360 derajat, ia menyelesaikan satu putaran dan bergerak sejajar dengan medan magnet, menginduksi ggl nol.

2.6.3 Kontruksi Generator AC

Dua komponen utama generator AC sederhana adalah stator dan rotor. Stator adalah bagian stasioner mesin, dan rotor berfungsi sebagai komponen berputar.

1. Stator

Stator adalah bagian stasioner yang dapat menahan belitan dinamo dengan baik. Tujuan belitan jangkar adalah untuk membawa arus ke beban, yang dapat berupa peralatan eksternal yang membutuhkan listrik. Ini terdiri dari tiga bagian yang paling penting:

- Rangka Stator: Rangka luar menahan inti stator dan belitan anker.
- Inti stator: Baja atau besi dilaminasi untuk mengurangi kehilangan arus eddy. Untuk mencegah gulungan anker, lubang dibuat di bagian dalam inti.
- Gulungan anker: terhubung ke slot inti anker.

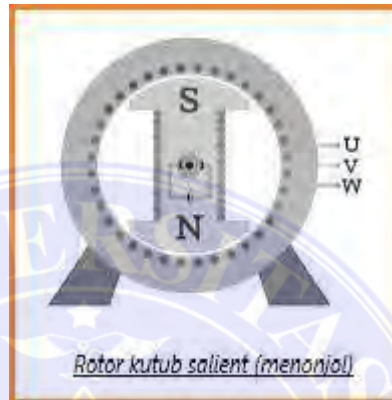
2. Rotor

Rotor, bagian yang berputar dari generator AC, terdiri dari belitan medan magnet. Kutub magnet dimagnetisasi oleh pasokan DC, yang dipasang pada cincin selip. Kombinasi ini terhubung ke poros umum, yang merupakan tempat

rotor berputar. Baik rotor kutub yang menonjol maupun rotor kutub silinder adalah dua jenis rotor tersebut.

- Rotor Kutub Salient

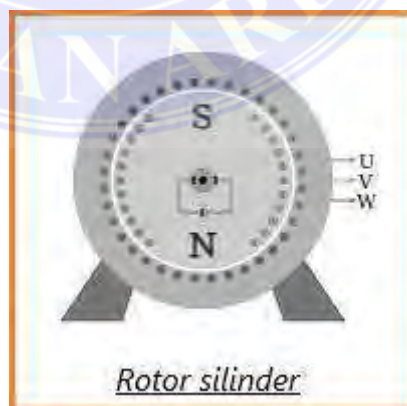
Gambar di bawah ini menunjukkan jenis rotor kutub yang menonjol (salient). Anda dapat melihat jumlah kutub yang diproyeksikan, juga disebut sebagai kutub yang menonjol dengan basisnya disematkan ke rotor. Aplikasi kecepatan rendah dan menengah menggunakannya.



Gambar 2.12 Rotor Kutub Salient
(Asy & Ardiyatmoko, 2020)

- Rotor Kutub Silinder

Rotor tipe silinder digunakan untuk aplikasi berkecepatan tinggi dan terdiri dari silinder yang kokoh dan tidak bergelombang dengan slot yang diatur di permukaan luar silinder. Diagram rotor kutub silinder ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 2.13 Rotor Silinder
(Asy & Ardiyatmoko, 2020)

2.7 Lampu

Lampu, terkadang disebut bohlam lampu, adalah perangkat penghasil cahaya. Lampu, yang berfungsi sebagai sumber cahaya, awalnya diciptakan oleh Sir Joseph William Swan. Lampu berbentuk botol memiliki ruang di dalamnya yang berisi kawat kecil yang, ketika dihubungkan ke arus listrik, akan menyala.

Lampu ini pertama kali diciptakan oleh seorang ilmuwan yang dianggap bodoh. Ia dianggap bodoh dan sering gagal, tetapi ia terus berusaha mengembangkan lampu, dan bertahun-tahun kemudian ia berhasil menciptakan bola lampu.

Thomas Alfa Edison adalah seorang penemu yang menemukan bola lampu atau diakui sebagai penciptanya. Perjuangan lama Thomas Edison saat ini sedang berbuah. Saat ini, hampir semua orang menggunakan penemuan yang sama yang telah ada sejak lama. Bentuk dan jenis lampu juga beragam:

1. Lampu Halogen

Gas dan kawat tungsten digunakan dalam lampu ini, dan gas tersebut ditempatkan di dalam ruang vakum. Sinar yang kuat dapat dihasilkan oleh gas ini. Penerangan sorot dilakukan dengan bohlam halogen. Untuk meningkatkan intensitas keluaran cahaya, lampu halogen biasanya menggabungkan reflektor, atau cermin, di belakangnya. Meskipun perlengkapan khusus biasanya digunakan, beberapa perlengkapan saat ini menggunakan perlengkapan konvensional. Lampu sorot adalah jenis lampu yang memfokuskan cahaya pada area tertentu. Misalnya, dapat digunakan untuk menerangi sebuah karya seni. Jika pencahayaan terfokus diperlukan untuk menghasilkan efek dramatis, seperti menyorot patung atau tanaman, lampu ini dapat digunakan untuk penerangan taman. Karena lampu filamen menjadi lebih terang, jenis bohlam ini sebenarnya Jumlah energi (watt) yang sama dibutuhkan untuk jenis lampu ini.



Gambar 2.14 Lampu Halogen

2. Lampu Pijar

Saat aliran listrik mengalirinya, kawat filamen lampu ini berpijar. Ini adalah lingkaran kawat yang berubah menjadi cahaya. Untuk waktu yang relatif lama, jenis lampu ini sangat panas. karena itu Lampu ini menggunakan banyak listrik. Suhu cahaya lampu pijar berkisar antara 2 500 dan 2 700 K (Kelvin), dan dibuat dengan menggunakan filamen tungsten, sejenis kawat pijar, di dalam bola kaca yang diisi dengan gas seperti nitrogen, argon, kripton, hidrogen, dan lainnya. Untuk memberikan tingkat terang yang sama, lampu TL membutuhkan lebih banyak energi dari pada lampu ini. Lampu pijar atau bohlam biasa ini hanya bertahan 1000 jam, atau 10 jam setiap hari. bohlam hanya bertahan tiga hingga empat bulan, dan setelah itu kita harus membeli yang baru.



Gambar 2.15 Lampu Pijar

3. Lampu TL

Lampu-lampu ini bersinar karena unsur-unsur fosforesen, yang mengubah radiasi ultraviolet menjadi cahaya. Lampu neon, sebutan lain untuk lampu fluorezen, kini hadir dalam berbagai bentuk. Tersedia juga lampu yang memanjang, berbentuk tornado, atau spiral, serta yang memanjang vertikal dengan fitting seperti lampu pijar standar. Lampu fluorezen menggunakan lebih sedikit energi daripada lampu pijar karena lebih terang. Lampu fluorezen berkualitas tinggi dapat bertahan hingga sepuluh tahun atau 15.000 jam, dan harganya sekitar sepuluh kali lebih mahal daripada lampu pijar biasa. Lampu fluorezen berkualitas rendah hanya bertahan empat hingga enam bulan. Banyak merek lampu "hemat energi" murah yang tersedia saat ini berkualitas rendah. Jenis lampu fluorezen saat ini hadir dalam berbagai macam bentuk dan fitting, termasuk fitting berulir yang biasanya terdapat pada lampu biasa. Lampu fluorezen lebih murah daripada lampu pijar standar karena menggunakan lebih sedikit energi listrik. Lampu fluorezen saat ini hadir dalam berbagai macam bentuk, fitting, dan warna cahaya, termasuk kuning dan putih. Karena lampu TL dapat menyeimbangkan biaya dan umur, lampu ini sering digunakan untuk menerangi toko, pusat perbelanjaan, dan lokasi lain yang membutuhkan pencahayaan yang lebih terang dan lebih hemat energi.



Gambar 2.16 Lampu TL

4. Lampu LED

Salah satu jenis lampu yang paling hemat energi adalah lampu LED. Lampu kecil ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Selain itu, warna yang dihasilkan sangat menarik. Kehidupan kita sangat diuntungkan oleh jenis

lampu ini. Kita dapat membuat dekorasi rumah kita indah dengan menggunakan jenis lampu yang tepat. Ciri-ciri sirkuit semikonduktor lampu ini adalah bahwa ketika listrik dialiri, ia akan mengeluarkan cahaya. Sifat lampu TL adalah pijaran partikel, tidak seperti filamen yang harus dipijarkan atau dibakar. Lampu LED tidak memancarkan banyak panas seperti lampu pijar karena memancarkan cahaya melalui aliran listrik. Akibatnya, lampu LED terasa dingin saat digunakan. Lampu LED memiliki berbagai warna sinar, seperti putih, kuning, dan lainnya. satu jenis bentuk lampu LED yang dapat menggantikan bohlam. Yang pasti, lampu LED adalah lampu yang terdiri dari kumpulan LED kecil berwarna putih atau kuning. Mereka juga paling hemat energi daripada jenis lampu lainnya, meskipun mereka masih agak mahal.



Gambar 2.17 Lampu LED

2.8 Kabel Listrik

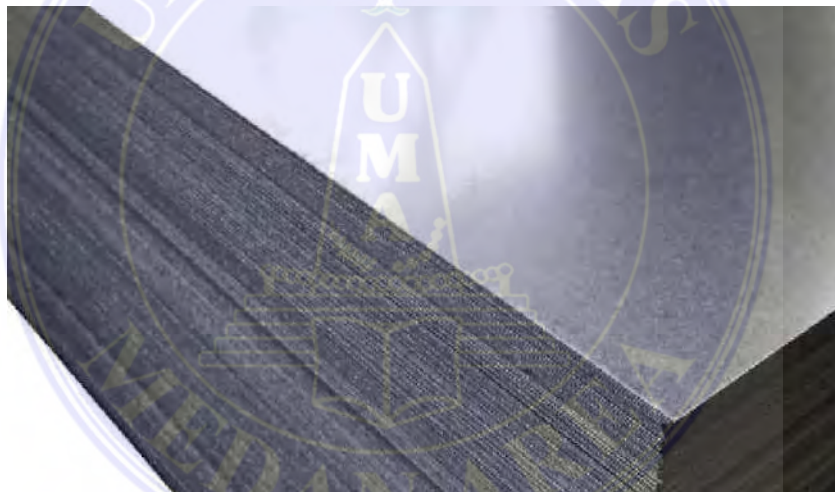
Dikenal dalam bahasa Inggris sebagai "*Electrical cable*", kabel listrik menggunakan konduktor, atau bahan yang dapat menghantarkan listrik. Bahan-bahan ini biasanya terbuat dari tembaga dan aluminium, meskipun terkadang juga terbuat dari perak atau emas. Namun, karena harganya yang mahal, bahan-bahan ini jarang digunakan. Bahan yang digunakan dalam kabel listrik yang bersifat termoplastik atau termoset—polimer (karet, plastik, dll.) yang mengalami pemanasan dan pendinginan berulang—tidak dapat menghantarkan listrik dengan baik.

Kabel listrik pada dasarnya adalah sekelompok kabel berisolasi yang disambungkan untuk membentuk saluran transmisi dengan beberapa konduktor. Warna, label informasi, dan fungsi merupakan pertimbangan penting saat memilih kabel listrik. Kita dapat memilih kabel listrik yang tepat untuk aplikasi kita dengan menggunakan informasi penting pada label ini.

2.9 Jenis-jenis Bahan

2.9.1 Seng

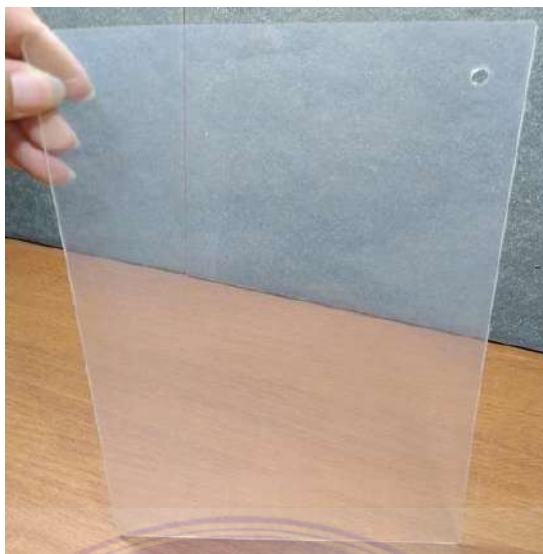
Seng galvanis sering digunakan dalam pembuatan atap, pagar, pipa saluran air, dan struktur lainnya yang terpapar cuaca. Seng galvanis dilapisi dengan lapisan seng murni untuk melindunginya dari korosi. Proses galvanisasi membuat lapisan seng murni menjadi lapisan pelindung yang sangat baik terhadap udara dan kelembaban, yang dapat menyebabkan korosi.



Gambar 2.18 Plat Seng

2.9.2 Akrilik

Akrilik adalah plastik polimer yang mirip kaca dan sering digunakan sebagai pengganti kaca. Akrilik lebih ringan dan memiliki kejernihan yang lebih besar daripada kaca, yang membuatnya menjadi pilihan yang baik untuk menggantikan kaca. Selain itu, akrilik lebih mudah dibentuk daripada kaca. Banyak orang mempertimbangkan harganya yang lebih rendah. Selain itu, akrilik sangat kuat sehingga tetap awet meskipun digunakan selama bertahun-tahun. Jika terkena sinar matahari langsung dalam waktu yang lama, warnanya akan tetap sama.



Gambar 2.19 Plastik Akrilik



BAB III

METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat penelitian dalam melakukan Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada lahan terbuka yaitu dilaksanakan dirumah saya Jl. Tempuling Gang Tuah No.5

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian yang diperlukan dalam melakukukan penelitian ini kurang lebih 3 bulan. Hal ini dapat ditunjukkan dalam tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke											
		I				II				III			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Persiapan Alat dan Bahan												
2	Perancangan Alat												
3	Pembuatan Bilah Pembangkit												
4	Pemasangan Komponen Alat Pembangkit												
5	Melakukan Pengujian Alat												
6	Penyusunan Laporan Proposal Skripsi												

3.2 Kebutuhan Bahan dan Alat

Dalam Perancangan prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin ini, diperlukan beberapa alat dan bahan untuk merakit Bilah Pembangkit Listrik Tenaga Angin tersebut hingga dapat tercipta sesuai dengan apa yang diinginkan. Kebutuhan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras (*hardware*) yang digunakan. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam uji coba antara lain

3.2.1 Bahan Perancangan

Adapun bahan perancangan yang digunakan oleh penelitian dalam perancangan ini, yaitu :

1. Generator AC, yang berfungsi sebagai pembangkit energi listrik yang sistem kerjanya dari energi mekanik menjadi energi listrik.
2. Regulator, yang berfungsi sebagai pengontrol tegangan ataupun sebagai penyeimbang tegangan yang dikeluarkan oleh Generator AC
3. Seng dan Akrilik, yang berfungsi sebagai media pembuatan bilah / Prototype pembangkit listrik tenaga angin
4. Kabel, yang berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari keluaran Generator DC menuju beban.
5. Lampu DC, yang berfungsi sebagai beban pada pembangkit. Lampu 12 Volt.

3.2.2 Alat Perancangan

Adapun alat perancangan yang digunakan oleh penelitian dalam perancangan ini, yaitu :

1. Grenda Potong, berfungsi untuk memotong media yang keras untuk perancangan Bilah / Turbin Pembangkit.
2. Bor Tangan, berfungsi untuk membuat lubang pada perancangan Bilah / Turbin Pembangkit.
3. Solder, berfungsi untuk melunakkan timah putih dan merekatkan kabel kepada Generator AC.
4. Obeng Plus (+) dan Minus (-), yang berfungsi untuk mengencangkan dan melonggarkan baut.

5. Multi Tester, yang berfungsi untuk melihat nilai tegangan, tahanan dan mengecek kabel.

3.3 Data Spesifikasi Generator AC

Data spesifikasi Generator AC yang digunakan sebagai pembangkit listrik dalam penelitian pembuatan prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.

Tabel 3.2 Data Spesifikasi Pembangkit Generator AC

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe Pembangkit	Generator AC	-
Tegangan Pembangkit	12 – 220	Volt
Arus Pembangkit	0,09 – 1,67	A
Daya Pembangkit	20	Watt
Panjang Pembangkit	12	Cm

3.4 Metode Penelitian

Metode Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk mempermudah dan memperjelas arah penelitian yang akan di laksanakan dalam melakukan perancangan Prototype (PLTB) pembangkit listrik tenaga angin dengan cara melakukan pengujian setiap komponen jenis bahan yang berbeda. sehingga mengetahui jenis bahan bilah mana yang lebih efisiensi sebagai media untuk bilah pembangkit listrik tenaga angin.

3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dalam perancangan prototype pembangkit listrik tenaga angin, merancang prototype PLTB dengan menggunakan jenis - jenis bahan yang berbeda dalam merancang prototype PLTB untuk mengetahui jenis bahan mana yang lebih efektif dan efisiensi yang dihasilkan oleh Generator AC dengan melihat nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator. Berikut adalah tahapan- tahapan penelitian yang akan dilakukan:

1. Studi Literatur

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk

mempermudah dan memperjelas arah penelitian dengan mengumpulkan informasi dan literatur terkait metode perancangan prototype pembangkit listrik energi bayu

2. Perancangan Prototype PLTB

Perancangan prototype PLTB dilakukan dengan memilih dan mengintegrasikan komponen dan alat-alat yang dibutuhkan dalam merancang skema prototype PLTA dari jenis bahan bilah yang berbeda.

3. Pembuatan Prototype PLTB

Membuat prototype pembangkit listrik tenaga bayu yang telah dirancang dengan menggunakan jenis bahan, Seng dan Akrilik serta pemasangan Generator AC, memasang rangkaian kabel transmisi ke beban dan serta memasang lampu untuk sebagai beban Generator AC. Sehingga menjadi sebuah pembangkit listrik energi angin

5 Pengujian Alat

Melakukan pengujian prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan media udara aginnya menggunakan sebuah alat elektronik kipas angin dan serta memastikan bilah pembangkit listrik tenaga bayu yang telah dirancang berfungsi dengan baik atau tidak, dengan melihat Generator AC berputar dan menghasilkan energi listrik dengan sebagai penanda beban yaitu lampu Led.

6 Analisis Data

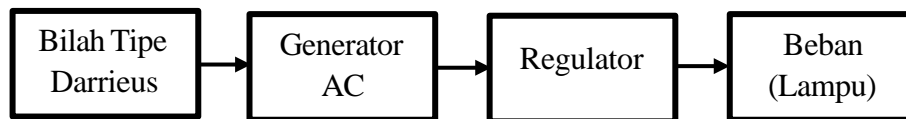
Melakukan analisis data pada bilah pembangkit listrik tenaga bayu dengan perbedaan jenis bahan yang digunakan dapat dilakukan dengan melihat tegangan output pada generator AC.

7 Pembuatan Laporan Akhir

Membuat laporan akhir pada perancangan bilah pembangkit listrik tenaga bayu dengan menggunakan jeni-jenis bahan yang berbeda. menjadi sebuah laporan penelitian tugas akhir

3.6 Diagram Alir Skema Pemasangan Prototype PLTB

Diagram alir skema perancangan prototype pembangkit listrik tenaga bayu terdapat beberapa susunan rangkaian yaitu dapat dilihat pada blok diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Skema Perancang Prototype PLTB

3.7 Perancangan Model Kontruksi Prototype PLTB

Perancangan model kontruksi prototype pembangkit listrik tenaga bayu yang di rancang adalah model tipe Darrieus vertikal yang dimana turbin vertikal Darrieus memiliki 2 atau 3 sudu dengan sebuah penampang berbentuk airfoil, sehingga besarnya angin yang dapat ditangkap oleh sudu turbin tergantung pada variasi sudut sudu. Bila dilihat dari perspektif sudu, gerakan rotasi dari sudu yang diakibatkan oleh angin merupakan hasil dari daya kinetik angin yang menabrak sudu dengan daya mekanik yang dimiliki turbin. Jika sudut serang dari angin pada sudu lebih besar dari nol, maka akan timbul gaya angkat yang dapat mendorong sudu turbin tipe Darrieus. Dapat dilihat pada gambar sketsa perancangan prototype PLTB.

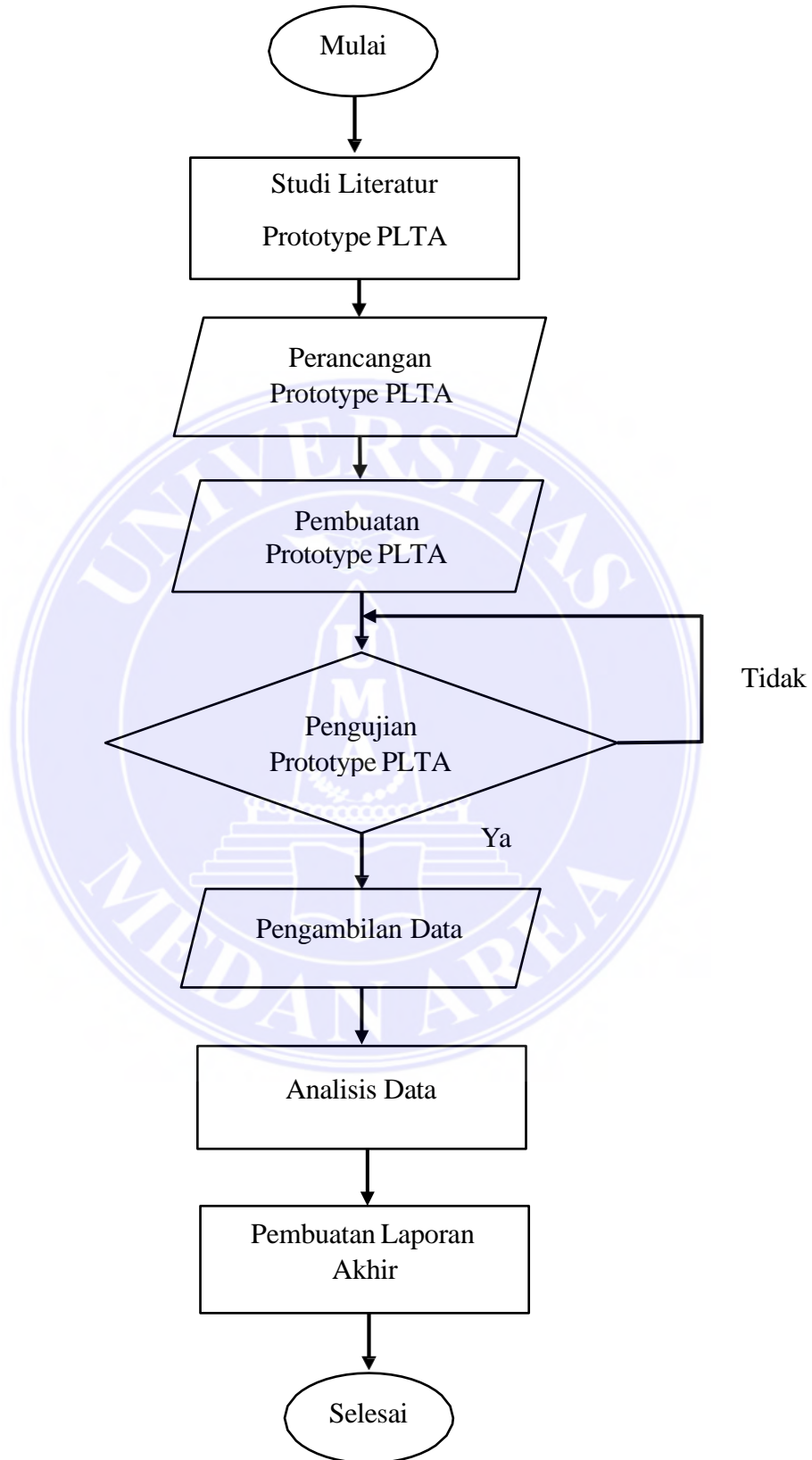
3.7.1 Sketsa Perancangan Prototype PLTB

Sketsa perancangan prototype PLTB yang dimana bentuk sektsa yang dirancang sebaik mungkin sehingga prototype PLTB tipe Darrieus dapat berkerja memutar generator dan menjadi sebuah pembangkit listrik yang energi awalnya dari energi angin.



Gambar 3.2 Sketsa Perancangan Prototype PLTB

3.8 Diagram Alir Perancangan Prototype PLTA



Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Prototype PLTA

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan proses prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan mempertimbangkan jenis bahan bilah dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian dan perhitungan pada pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dengan menggunakan jenis bahan bilah yang berbeda yaitu jenis bahan seng dan akrilik dengan pengujian kecepatan angin yang sama untuk memutar baling-baling bilah kedua jenis bahan yaitu kecepatan hembusan angin sebesar 4,3 m/s, dengan diameter luas baling-baling bilah 38 Cm maka daya angin yang sebesar 180 Watt. maka dari hasil perhitungan PLTB jenis bahan seng tanpa beban yang kecepatan putaran bilah 40 Rpm dan memutar generator AC sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 11 Volt, arus sebesar 1,67, daya sebesar 18 Watt dan nilai efisiensi sebesar 10 %. Kemudian untuk pengujian PLTB jenis bahan seng menggunakan beban lampu 5 watt dengan hembusan kecepatan angin 4,3 m/s. bilah jenis bahan seng berputar dengan kecepatan 40 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 11 volt, arus sebesar 0,3 Ampere, daya sebesar 3,3 watt dan nilai efisiensi sebesar 1,8%. Sedangkan dengan pengujian dengan hasil baling-baling jenis bahan bilah akrilik tanpa beban pada Prototype PLTB didapatkan hasil dari pengujian hembusan kecepatan angin yang sama yaitu 4,3 m/s. bilah jenis bahan akrilik berputar dengan kecepatan 45 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 13 Volt, Arus sebesar 1,54, daya sebesar 20 Watt dan nilai efisiensi sebesar 11%. Kemudian untuk pengujian Prototype PLTB jenis bahan akrilik menggunakan beban lampu 5 watt dengan hembusan kecepatan angin yang masih sama sebesar 4,3 m/s. baling-baling bilah jenis bahan akrilik berputar 45 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 13 Volt, Arus 0,4

Ampere, daya sebesar 5 watt dan nilai efisiensi sebesar 2,4 %.

2. Maka untuk mempertimbangkan ataupun dibandingkan dari menggunakan jenis bahan pada baling-baling jenis bahan bilah seng dan akrilik pada Prototype PLTB tingkat yang lebih efisiensi dari penggunaan jenis bahan bilah yaitu baling-baling pada Prototype PLTB menggunakan jenis bahan bilah akrilik karena baling- baling bilah lebih konstan berputar, kecepatan putaran baling-baling bilah akrilik lebih kencang dari bilah jenis bahan seng. Dan juga juga tingkat nilai efisiennya yang lebih besar menggunakan jenis bahan bilah akrilik yaitu mencapai 11 % dan 2,4 % sedangkan nilai efisiensi menggunakan jenis bahan bilah seng lebih kecil dari jenis bahan bilah akrilik yaitu nilai efisiensi jenis bahan seng mencapai 10% dan 1,8%.

3.6 Saran

Setelah dilakukan proses prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan mempertimbangkan jenis bahan bilah, adapun saran yang harus di berikan sebagai berikut :

1. Perlu pengembangan dengan menggunakan jenis tipe Protoype PLTB yang berbeda untuk para penulis dan penelitian selanjutnya agar dapat mengetahui perbanding dengan jenis tipe Prototype PLTB yang digunakan.
2. Perlu pengembangan dengan menambahkan sudu baling-baling Prototype PLTB untuk mengetahui tingkat perbandingan kecepatan putaran baling – baling pada Prototype PLTB.

DAFTAR PUSTAKA

- Alnavis, N. B., Wirawan, R. R., Solihah, K. I., & Nugroho, V. H. (2024). *Energi listrik berkelanjutan : Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia*. 1(2), 119–139.
- Asy, H., & Ardiyatmoko, A. (2020). Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (Pltb). *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 2020(Snati)*, 15–16.
- Hawt, T., Daerah, U., Selatan, P., Sayogo, A., Caroko, N., Eng, M., Mesin, J. T., Teknik, F., Yogyakarta, U. M., Lingkar, J., Tamantirto, S., & Yogyakarta, D. I. (2014). *Mulai Studi Pustaka Menentukan jenis blade Desain blade Hasil desain Proses manufacture Kincir dapat bekerja ? Kesimpulan*. 1–5.
- Huda, M. N., & Kurniawan, I. H. (2023). *Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Di Daerah Widuri Kabupaten Pemalang Menggunakan Perangkat Lunak Homer Hybrid Power Generation System Design (Wind Power And Solar Power) In The Widuri Area Pemalang D*. 5(1).
- Indriani, A., Manurung, G., & Daratha, N. (2020). *Perancangan Turbin Sumbu Horizontal dan Sumbu Vertikal untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Studi Kasus di Kota Bengkulu)*. 9(2), 2–7.
- Maulana, E., & Djatmiko, E. (2021). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin Angin Savonius Tipe-U untuk Kapasitas 100 W The Design of Wind Power Plant with a U-Type Savonius Turbine*. 3, 183–190.
- Maulana, R. P. (2022). *ANALISIS RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (ENERGI SURYA DAN TURBIN ANGIN)*. 06(01).
- Pangestu, A., Sunardi, A., Hardiyanti, A. N., & Gamayel, A. (n.d.). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Sebagai Sumber Energi Alternatif Kapasitas 800 Watt*. 12(3), 161–167.
- Putra, M., Kananda, K., Muhtar, A., & Pd, S. (2019). *Sistem Pembangkitan PLTB*

Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius 3 Sudu. xx(xx), 1–7.
<https://doi.org/10.35472/x0xx0000>

Rifai, T., Gun, G., Gunadi, R., & Ridwan, E. (2021). *Jurnal Mekanik Terapan Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) Mikro Turbin Savonius pada Jalan Tol Jantiasih.* 02(02), 82–88.

Sidqi, M. D., Teknik, J., Politeknik, E., Lhokseumawe, N., Listrik, P., Pendahuluan, I., & Generator, B. (2022). *Rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin sumbu horizontal menggunakan pipa pvc.* 06(01).

Sudirman, S., Kurnisti, S. A., & Arifin, M. I. A. (2020). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Menggunakan Turbin Savonius. *Jurnal Media Elektro*, 9(1), 29–36.

Watt, B., & Bilah, M. (2022). *Tugas akhir.*

Wicaksono, D. H., & Apriaskar, E. (2023). *Monitoring Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Internet of Things.* 14(02), 118–123.
<https://doi.org/10.22441/jte.2023.v14i2.010>

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Mempertimbangkan
 Jenis Bahan Bilah Untuk Meningkatkan Efisiensi

Nama : Andreas Tiopan Togatorop

NPM : 20.812.0007

Fakultas : Teknik Elektro



Tanggal Lulus : 26 Agustus 2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 30/4/26

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andreas Tiopan Togatorop

NPM : 208120007

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : **“Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Mempertimbangkan Jenis Bahan Bilah Untuk Meningkatkan Efisiensi ”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 26 Agustus 2025

Yang menyatakan



(Andreas Tiopan Togatorop)

Document Accepted 30/4/26

UNIVERSITAS MEDAN AREA

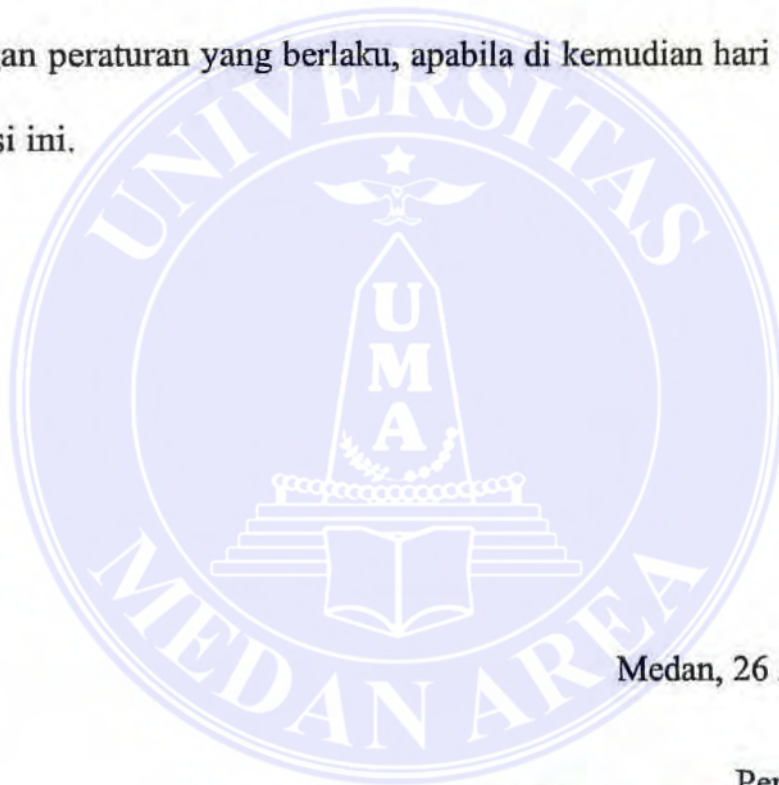
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 26 Agustus 2025

Penulis,



Andreas Tiopan Togatorop

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2 Pengertian Energi Bayu	10
2.2.1 Asal Energi Bayu	11
2.2.2 Prinsip Kerja Energi Bayu	12
2.2.3 Faktor Yang Berperan Pada Pembangkit Tenaga Bayu	13
2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan (PLTB)	14
2.3 Turbin Bayu	14
2.4 Tipe turbin Bayu	16
2.4.1 Turbin Angin Sumbu Horisontal.....	16
2.4.2 Turbin angin sumbu vertikal.....	18
2.5 Kontruksi Turbin Bayu	21
2.6 Generator AC	22
2.6.1 Prinsip Kerja Generator AC	23
2.6.2 Cara Kerja Generator AC	24

2. 6.3 Kontruksi Generator AC.....	25
2.7 Lampu	27
2.8 Kabel Listrik.....	30
2.9 Jenis – Jenis Bahan	31
2.9.1 Seng.....	31
2.10.2 Akrilik	31
BAB III METEDOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.1.1 Tempat Penelitian	33
3.1.2 Waktu Penelitian.....	33
3.2 Kebutuhan Bahan dan Alat.....	34
3.2.1 Bahan Perancangan	34
3.2.2 Alat Perancangan.....	34
3.3 Data Spesifikasi Generator AC.....	35
3.4 Metode Penelitian.....	35
3.5 Tahapan Penelitian	35
3.6 Diagram Alir Skema Pemasangan Prototype PLTB	36
3.7 Perancangan Model Kontruksi Prototype PLTB	37
3.7.1 Sketsa Perancangan Prototype PLTB	37
3.8 Diagram Alir Perancangan Prototype PLTB	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.2 Hasil Prototype PLTB.....	39
4.2 Pengujian Prototype PLTB Dengan Jenis Bahan Bilah Seng	39
4.2.1 Analisis Efisiensi pada Prototype PLTB Jenis Bahan Seng	41
4.3 Pengujian Prototype PLTB Dengan Jenis Bahan Bilah Akrilik.....	43
4.3.1 Analisis Efisiensi pada Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik....	45
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Energi Bayu	12
Gambar 2.2 Turbin Bayu	15
Gambar 2.3 Turbin Bayu Jenis American Multiblade	17
Gambar 2.4 turbin Bayu tipe Dutch Four Aarm	18
Gambar 2.5 Turbin Bayu jenis propeler.....	18
Gambar 2.6 Turbin Darrieus	19
Gambar 2.7 Turbin Savonius	20
Gambar 2.8 Komponen – komponen Turbin	22
Gambar 2.9 Generator AC.....	23
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Generator	24
Gambar 2.11 Cara Kerja Generator AC.....	24
Gambar 2.12 Rotor Kutub Salient.....	26
Gambar 2.13 Rotor Silinder	26
Gambar 2.14 Lampu Halogen	28
Gambar 2.15 Lampu Pijar.....	28
Gambar 2.16 Lampu TL	29
Gambar 2.17 Lampu LED	30
Gambar 2.18 Seng	31
Gambar 2.19 Akrilik.....	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Skema Perancang Prototypr PLTB.....	37
Gambar 3.2 Sketsa Perancangan Prototype PLTB	37
Gambar 3.3 Flowcart Perancangan Prototype PLTB.....	38
Gambar 4.1 Prototype PLTB Jenis Bahan Bilah Seng.....	40
Gambar 4.2 Prototype PLTB Jenis Bahan Bilah Aktilik.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian	33
Tabel 3.2 Data Spesifikasi Pembangkit Generator AC	35
Tabel 4.1 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Seng Tanpa Beban.....	40
Tabel 4.1 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Seng Beban Lampu	41
Tabel 4.2 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik Tanpa Beban	44
Tabel 4.1 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik Beban Lampu.....	45



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Kecepatan Angin Dengan Daya Output Bahan Seng	37
Grafik 4.2 Kecepatan Putaran Bilah Dengan Daya Keluaran Bahan Seng	38
Grafik 4.3 Efisiensi Dengan Kecepatan Angin Bahan Seng	38
Grafik 4.4 Kecepatan Angin Dengan Daya Output Bahan Akrilik	41
Grafik 4.5 Kecepatan Putaran Bilah Dengan Daya Keluaran Bahan Akrilik ...	42
Grafik 4.6 Efisiensi Dengan Kecepatan Angin Bahan Akrilik	42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan populasi yang pesat menjadi penyebab meningkatnya permintaan listrik, namun pasokan belum mengimbangnya. Permintaan publik terus meningkat sementara kapasitas listrik terpasang tetap sama. Masyarakat Indonesia bergantung pada pasokan listrik PLN untuk menopang kegiatan ekonomi selain penerangan. Pemadaman listrik yang terjadi sering terjadi, terutama selama periode beban tinggi. Hal ini terjadi ketika beban yang digunakan melebihi kapasitas yang tersedia. (Alnavis et al., 2024)

Karena kebutuhan listrik yang terus meningkat, akan membutuhkan waktu yang lama untuk membangun pembangkit tenaga listrik. Selain itu, para perencana sistem harus mempertimbangkan perkembangan sistem tenaga listrik yang mungkin terjadi di masa mendatang. Akibatnya, mereka harus mengembangkan industri listrik yang mencakup perencanaan pembangkitan, sistem kontrol dan proteksi, serta sistem transmisi dan distribusi listrik yang akan didistribusikan ke konsumen. Pembangkit skala besar seringkali menghadapi kendala yang signifikan dalam hal jumlah dana yang diperlukan untuk pembangunan dan waktu pembangunan yang lama di pusat-pusat. Dengan kata lain, pembangunan sektor kelistrikan harus dapat memenuhi kebutuhan tenaga listrik yang akan terus meningkat setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, pembangkit tenaga listrik harus menggunakan sumber daya alam yang tersedia, yang dikenal sebagai energi terbarukan.

Secara geografis, Indonesia memiliki lokasi yang tepat untuk mengembangkan sumber energi terbarukan alternatif ini. Energi angin, yang berhembus dengan kecepatan rata-rata 5 m/detik sepanjang tahun, merupakan salah satu sumber energi yang dapat menghasilkan energi listrik dalam skala besar.

Namun, energi angin, yang merupakan sumber daya alam yang dapat diperoleh secara gratis dan tersedia sepanjang tahun, memungkinkan pengembangan sistem pembangkit listrik skala kecil. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah melakukan penelitian teknis terhadap mesin konversi energi untuk menentukan cara terbaik untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan untuk

menghasilkan listrik. Untuk memaksimalkan hasil kincir angin dalam kondisi kecepatan angin yang rendah, inovasi baru harus dikembangkan. (E. Maulana & Djatmiko, 2021)

Turbin angin terbagi menjadi dua jenis berdasarkan jenis rotornya: turbin angin mendatar (juga dikenal sebagai turbin angin sumbu horizontal) dan turbin angin sumbu vertikal (juga dikenal sebagai turbin angin sumbu vertikal). Turbin horizontal (HAWT) memiliki poros utamanya berputar untuk mengubah arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Seperti sayap pesawat, blade turbin ini berbentuk airfoil, dan semakin banyak blade semakin tinggi putaran turbin. Turbin angin sumbu tegak vertikal (VAWT) memiliki gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. Kelebihan turbin vertikal adalah torsi yang tinggi, yang memungkinkan mereka berputar pada kecepatan angin rendah. Kekurangannya adalah kecepatan angin di bawah sangat rendah, yang berarti bahwa apabila tidak digunakan, turbin akan menghasilkan putaran yang lebih rendah dan kurang efisien daripada HAWT. (Hawt et al., 2014)

Oleh karena itu, seperti yang dinyatakan di atas, penelitian tugas akhir ini akan melakukan "Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Dengan Mempertimbangkan Jenis Bahan Bilah Untuk Meningkatkan Efisiensi". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan bahan mana yang lebih efisien dalam menghasilkan energi listrik dari pada bahan lain yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perancangan prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan perbedaan jenis bahan bilah?
2. Bagaimana hasil tegangan output dengan perbedaan jenis bahan bilah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu?
3. Bagaimana tingkat efisiensi yang paling baik dengan perbedaan jenis bahan bilah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perancang prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan perbedaan jenis bahan bilah?
2. Untuk mengetahui hasil tegangan output dengan perbedaan jenis bahan bilah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu
3. Untuk mengetahui tingkat efisiensi yang paling baik dengan perbedaan jenis bahan bilah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga bayu

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang mencakup pada penelitian ini adalah:

1. Pada perancangan bilah (PLTB) menggunakan jenis-jenis bahan yang berbeda yaitu jenis bahanya Pelastik, Kayu dan Seng.
2. Pada perancangan bilah (PLTB) untuk mengetahui tegangan output pada generator dengan perbedaan jenis-jenis bahan yang digunakan
3. Pada perancangan bilah (PLTB) menggunakan generator pembangkit dalam skala kecil

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memahami dalam melakukan perancangan bilah pembangkit listrik tenaga bayu dengan jenis-jenis bahan yang berbeda
2. Manfaat umum yaitu sebagai sumbangan pemikiran untuk pertimbangan dalam pembangunan pembangkit listrik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penulisan proposal ini, sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan terkait latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika.

BAB II TUNJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai pokok pembahasan dan landasan teori sebagai dasar dari penelitian ini

BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan tentang waktu dan pelaksanaan kegiatan penelitian serta metode yang digunakan atau di terapkan dalam tugas akhir ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan dengan penempatan data yang telah diteliti.

BAB V SARAN DAN KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian tersebut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini dilakukan oleh (E. Maulana & Djatmiko, 2021) Listrik dapat dihasilkan dengan memanfaatkan tenaga angin. Hal ini dicapai dengan menggunakan bilah turbin untuk mengubah energi angin dari energi mekanik menjadi energi kinetik, yang memutar generator yang dapat menghasilkan listrik. Perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin Savonius tipe-U berdaya 100 W dilakukan dalam studi ini menggunakan pendekatan Pahl & Beitz. Dengan pelat baja galvanis berukuran 3668 mm x 920 mm dan poros baja karbon S-45 C berukuran 4310 mm x 20 mm, turbin angin Savonius merupakan perangkat yang besar. Kelembapannya adalah 30 °C, dan kecepatan angin rata-rata adalah 4 m/s. 199,9889 rpm adalah kecepatan putar maksimum yang dapat dihasilkan turbin dengan mekanisme yang tepat. Oleh karena itu, turbin ini dapat dibuat untuk pembangkit listrik tenaga angin Savonius berbentuk U berdaya 100 watt.

Penelitian ini dilakukan oleh (Watt & Bilah, 2022) Untuk mendukung daya tarik wisata ini, daya sebesar 3,5 kW diekstraksi dari kebutuhan listrik Gunung Kerinci. Oleh karena itu, daya angin gunung, yang bervariasi antara ± 6 m/s, dimanfaatkan untuk membuat komponen turbin angin sumbu horizontal (HAWTs). Analisis, produksi, desain, dan simulasi masing-masing dilakukan dengan Qblade dan Solidworks. Setelah dipersiapkan, dimensi bilah turbin adalah panjang 5,5 meter, lebar 0,5 meter, dan tebal 0,5 meter. Selanjutnya, pengujian dilakukan pada skala 1:10, dengan bilah turbin dan komponen pendukungnya—hub bilah turbin, tiang bilah turbin, dudukan generator, dan sirip—dibuat sesuai dengan skema produksi. Bilah turbin pada skala 1:10 digunakan dalam dua studi. Keduanya dikonversi ke rotasi per detik. Pada percobaan pertama, tegangan 18 volt dihasilkan dengan kecepatan putar 898,6 rpm, sementara pada percobaan kedua, tegangan 20 volt dihasilkan dengan kecepatan putar 916,8 rpm dan kecepatan angin 1,3 m/s. Rasio Kecepatan Tip yang direncanakan dan RPS kemudian dibandingkan; hasilnya menunjukkan bahwa keduanya masing-masing adalah 8,6 dan 7,5. Rasio Kecepatan Tip yang diantisipasi terlampaui oleh Rasio Kecepatan Tip yang direncanakan.

Penelitian ini dilakukan oleh (Rifai et al., 2021) Salah satu fasilitas pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia, yang disebut PLTB, menggunakan angin sebagai penggerak utama turbin. Turbin angin tersedia dalam dua jenis: turbin angin sumbu vertikal (TASV) dan turbin angin sumbu horizontal (TASH). Karena jenis Savonius memiliki hambatan yang lebih besar daripada jenis turbin vertikal lainnya, TASV inilah yang digunakan dalam desain ini. Salah satu jalan raya yang panjang dan berdensitas rendah adalah jalan raya antar negara bagian, di mana kendaraan dapat mencapai kecepatan di atas 60 km/jam dan menghasilkan kecepatan angin 3 hingga 15 m/detik, yang tidak diragukan lagi cukup untuk menggerakkan turbin Savonius. Sebuah katrol dan sabuk akan digunakan untuk menghubungkan poros ke generator guna mengubah kecepatan putar turbin Savonius. Turbin ini diprediksi menghasilkan listrik paling besar, dengan daya keluaran sebesar 232,63 watt, menurut perhitungan berdasarkan desain turbin Savonius.

Penelitian ini dilakukan oleh (Indriani et al., 2020) Listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin. Wilayah Bengkulu, yang utamanya berada di pesisir, dapat memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi alternatif dan berkelanjutan dengan memasang turbin angin. Ukuran, bentuk, dan lokasi turbin angin memengaruhi kinerjanya. Perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan posisi turbin sumbu vertikal dan sumbu horizontal menjadi subjek utama penelitian ini. Turbin angin ini memiliki tiga bilah yang terbuat dari kayu dan generator DC magnet permanen untuk sumbu vertikal dan horizontal. Turbin ini memiliki daya keluaran maksimum 800 watt. Dua jenis turbin yang berbeda telah dicoba di pesisir Bengkulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan angin pada putaran desain pembangkit listrik tenaga angin sumbu horizontal adalah 3,5 m/s, sedangkan kecepatan angin pada putaran desain pembangkit listrik tenaga angin sumbu vertikal adalah 6,5 m/s. Pada kecepatan angin 3,5 meter per detik, desain pembangkit listrik tenaga angin sumbu horizontal menghasilkan tegangan 12 volt. Pada kecepatan angin 6,5 m/s, desain pembangkit listrik tenaga angin sumbu vertikal menghasilkan tegangan 9 volt.

Penelitian ini dilakukan oleh (R. P. Maulana, 2022) Pembangkit listrik hibrida mengintegrasikan beberapa sumber energi terbarukan atau tak terbarukan dan menggunakan beberapa pembangkit listrik (gabungan). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji kondisi pembangkit listrik tenaga surya dengan beban dan tanpa beban, serta kondisi pembangkit listrik tenaga angin dengan beban dan tanpa beban. Pengaruh pembangkit listrik hibrida dengan beban dan tanpa beban juga dikaji dalam penelitian ini. Dengan beban lampu 25 W dan kecepatan angin 4 m/s, pembangkit listrik tenaga angin menghasilkan 7,2 VDC tanpa beban dan arus 3,6 V dengan beban lampu saat lampu menyala (redup). Pembangkit listrik tenaga surya menghasilkan tegangan 20,74 VDC pada sudut kemiringan 57° pada pukul 10:00 WIB. Saat beban 25 W diberikan, pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin hibrida menghasilkan tegangan 15,15 V, arus 2,1 A, dan daya 31,82 W. Dengan beban lampu 190 W, pembangkit listrik tenaga surya dan angin hibrida ini menghasilkan tegangan 3,1 VDC dan arus 4 ADC, dengan total daya 12. Generator hibrida ini dapat menghasilkan daya dan tegangan yang besar karena menggabungkan dua generator yang saling mendukung untuk menyalakan lampu dengan beban yang berat. Pengujian menunjukkan bahwa bola lampu 190 watt dapat dinyalakan oleh generator hibrida.

Penelitian ini dilakukan oleh (Wicaksono & Apriaskar, 2023) Karena penggunaan bahan bakar fosil yang terus berlanjut, mulai dari pembangkit listrik bertenaga fosil hingga banyaknya mobil tradisional yang masih digunakan, suhu udara di Indonesia meningkat dengan cepat, berkontribusi pada perubahan iklim ekstrem yang sedang terjadi di negara ini. Salah satu solusi potensial untuk masalah bahan bakar fosil adalah pembangkit listrik tenaga angin (PLTB). Energi listrik dapat dihasilkan menggunakan generator turbin yang ditenagai oleh angin. Keluaran energi turbin sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin. Karena pengukuran manual (analog) masih digunakan untuk pengukuran keluaran turbin angin, kecepatan angin yang berfluktuasi akan berdampak pada prosedur pembacaan data keluaran, yang menyebabkan gangguan dan hasil yang tidak akurat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memeriksa energi yang dihasilkan oleh fasilitas tenaga angin menggunakan prototipe. Prototipe tersebut menggunakan NodeMCU untuk mengontrol dan mengirimkan data yang dihasilkan

sensor ke perangkat lunak Blynk, dan sensor INA 219 untuk memantau energi turbin. Dengan daya maksimum 6370,93 mW selama pengujian, hasil uji alat pemantau PLTB menunjukkan nilai tegangan turbin yang cukup konsisten, berkisar antara 0,86 V dan 0,87 V. Jarak antara kipas dan turbin memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah arus yang dihasilkan. Perubahan nilai tegangan tidak memengaruhi kondisi LED; tingkat arus yang dihasilkan selama pengujian bervariasi antara 0,1 mA hingga 7,3 mA.

Penelitian ini dilakukan oleh (Putra et al., 2019) Terdapat berbagai jenis pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat. Gagasan di balik turbin angin (PLTB) adalah bahwa ia merupakan sumber daya yang tak terbatas. Turbin ini mengubah energi angin menjadi energi mekanik berputar, yang kemudian disambungkan ke gearbox untuk memutar generator. Turbin angin sumbu vertikal berfungsi sebagai sumber daya alternatif di wilayah dengan laju angin rendah hingga sedang. Diameter sapuan rotor, tinggi sapuan rotor, dan diameter poros turbin angin masing-masing adalah 1 m, 1,11 m, dan 5 cm. Baterai dapat digunakan untuk menyimpan daya keluaran 100 watt-nya. Eksperimen dan simulasi digunakan untuk mengumpulkan data guna menghitung efisiensi dan persentase kesalahan PLTB.

Penelitian dilakukan oleh (Pangestu et al., n.d.) Kehidupan sehari-hari masyarakat terkait erat dengan beragam perangkat teknologi yang membantu mereka melakukan pekerjaan sehari-hari dan memungkinkan ekspansi perusahaan-perusahaan yang membutuhkan energi. Saat ini, bahan bakar fosil—batu bara, minyak, gas alam, dan lainnya—merupakan bentuk energi yang paling banyak digunakan. Karena sumber energi ini menghasilkan limbah, manusia perlu mempertimbangkan cara-cara untuk mencegah polusi. Selain itu, mereka juga perlu memikirkan cara-cara untuk mengurangi polusi ini. Mengingat ketersediaan sumber daya alam terbarukan seperti energi angin dan matahari, pemerintah berupaya mengoptimalkannya untuk menyediakan listrik bagi masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, sebuah perangkat dikembangkan untuk menghasilkan energi listrik dari energi angin. Salah satu teknologi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik dari angin adalah turbin angin.

Penelitian ini dilakukan oleh (Huda & Kurniawan, 2023) Seiring pertumbuhan penduduk Indonesia, kebutuhan listrik negara ini pun meningkat. Namun, hingga saat ini, energi yang dihasilkan PT. PLN belum dapat memenuhi kebutuhan energi secara merata. Distribusi energi listrik yang tidak merata di Indonesia dapat diatasi dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Pemerintah Indonesia berupaya mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Tujuan dari peraturan ini adalah untuk mencegah peningkatan permintaan listrik tahunan yang menyebabkan kelangkaan sumber energi berbasis fosil. Sistem pembangkit listrik hibrida dirancang menggunakan simulasi perangkat lunak HOMER. Biaya pembangunan pembangkit listrik hibrida angin dan surya adalah Rp 80.875.269.985,30, biaya output per kilowatt-jam adalah Rp 2.425,34, dan pengembalian investasi yang diharapkan adalah Rp 5.000.000.000,00. Pembangkit listrik hibrida ini terdiri dari enam turbin angin 600 kW, modul surya 400 kW dengan 308 panel surya, 572 baterai, dan inverter 1.100 kW. Sebesar 30,9 persen berasal dari modul surya, sementara 2,5 persen berasal dari turbin angin. Pembangkit listrik ini menempati lahan seluas 66.274 meter persegi.

Penelitian ini dilakukan oleh (Sidqi et al., 2022) Pembangkit listrik tenaga angin menggunakan energi angin sebagai energi kinetik untuk menghasilkan listrik melalui generator dan kincir angin karena angin merupakan salah satu energi tak terbatas di Bumi. Salah satu sumber energi alternatif yang berkembang pesat adalah sistem utama pembangkit listrik tenaga angin. Tujuan pembuatan pembangkit listrik tenaga angin vertikal adalah menggunakan motor hoverboard BLDC 250 watt yang dapat dikonversi menjadi generator 50 watt untuk menghasilkan pembangkit listrik tenaga angin horizontal. Kecepatan angin rata-rata di wilayah pesisir Kota Lhokseumawe diukur sebagai bagian dari desain ini. Selanjutnya, tentukan generator mana yang akan digunakan dalam desain tersebut. Menemukan desain bilah yang dapat digunakan dengan kalkulator tenaga angin adalah langkah selanjutnya dalam proses desain. Komponen-komponen dipasang setelah semua desain selesai. Kecepatan angin tipikal di pesisir Lhokseumawe, menurut pengujian ini, adalah 4-5 m/s, dan tegangan keluarannya sekitar 8-10 volt.

2.2 Pengertian Energi Bayu

Kincir angin, yang kemudian dihubungkan ke generator atau turbin, adalah cara pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) memanfaatkan energi angin.

Listrik kemudian dihasilkan dengan metode ini. Apa sebenarnya energi angin itu? Sumber energi yang jauh lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah tenaga angin.

Pemanfaatan energi angin sangat disarankan karena pasokannya yang tak terbatas dan melimpah. Energi ini menarik karena tidak menghasilkan banyak limbah atau kontaminan dan menghilangkan kebutuhan bahan bakar sebagai sumber energi.

Energi ini berasal dari energi kinetik yang diubah menjadi angin dan selanjutnya diubah menjadi bentuk yang lebih bermanfaat. Begitulah energi angin didefinisikan secara sederhana. Setelah membaca ini, Anda seharusnya memahami konsep energi angin.

Kincir angin, yang telah ada sejak awal penggunaan energi angin, merupakan contoh umum bagaimana energi angin dapat dimanfaatkan. Pompa air dan pembangkit listrik tenaga angin adalah dua contoh pemanfaatan energi angin modern. Sejak zaman kuno, manusia telah memanfaatkan energi angin. Kincir angin secara tradisional telah digunakan untuk menggiling biji-bijian, memompa air, dan menghasilkan listrik, di antara berbagai kegunaan lainnya. Bahkan awal abad ke-20 menyaksikan penemuan kincir angin.

Awalnya digunakan untuk memompa air guna mengairi pertanian dan ternak, kincir angin telah menyebar ke seluruh dunia untuk menghasilkan listrik.

Bahkan sekarang, energi angin semakin populer setiap harinya. Penggunaan energi angin tidak selalu meningkat sejak awal; bahkan, terkadang menurun. Seiring naiknya harga bensin, energi angin pun ikut naik, begitu pula sebaliknya. Pemanfaatan turbin akan turun atau bahkan turun jika harga bahan bakar turun. Udara yang bergerak mengandung energi kinetik angin.

2.2.1 Asal Energi Angin

Matahari adalah sumber semua energi terbarukan, termasuk energi bahan bakar fosil. Setiap jam, matahari memancarkan 1,74 kali 1.014 kilowatt-jam energi, atau 1,74 kali 1.017 watt listrik, ke Bumi, tidak termasuk sumber energi panas bumi dan pasang surut yang tidak terbarukan.

Satu hingga dua persen energi berasal dari angin. Akibatnya, energi angin lebih dari 50–100 kali lipat energi yang diubah oleh semua tumbuhan di Bumi menjadi biomassa.

Sudah menjadi pengetahuan umum bahwa pertukaran energi antara udara panas dan dingin menghasilkan angin. Panas, pemuai, dan kilat menyebabkan udara panas di khatulistiwa, pada suhu 0°, naik dan bergerak menuju daerah yang lebih dingin, seperti kutub. Udara tenggelam dan mendingin di iklim dingin. Akibatnya, udara bersirkulasi, bergerak dari Kutub Utara ke Khatulistiwa melalui permukaan Bumi dan dari Khatulistiwa ke Kutub Utara melalui lapisan udara atas. Listrik dapat dihasilkan dengan memutar turbin menggunakan energi terbarukan dari udara yang bergerak. Ketika udara memiliki massa (m) dan kecepatan (v), ia akan menghasilkan energi kinetik berikut:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

E = Energi Kinetik (jouley)

m = Masa Udara (Kg)

v = Kecepatan Angin (m/s)

Rumus diatas juga berlaku untuk angin yang meruapakan udara yang bergerak. Jika suatu “blok” udara memiliki penampang A dan bergerak dengan kecepatan v , maka jumlah massa yang melewati suatu tempat dapat dilihat pada rumus berikut:

$$m = \rho \cdot A \cdot v \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

m = kelajuan aliran massa udara (kg/s)

ρ = kerapatan udara (kg/m³) A = luas penampang (m²)

v = kecepatan angin (m/s)

Dengan luas penampang dapat di tentukan dengan persamaan berikut:

$$A = d \times h \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

d = Diameter Sudu (m)

h = Tinggi Sudu (m)

Dengan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan dari energi angin yaitu:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

ρ = densitas udara ($\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)

A = luas penampang turbin (m²)

v = kecepatan udara (m/s)

2.2.2 Prinsip Kerja Energi Angin

Energi angin sangat fleksibel, berbeda dengan energi air. Bisa digunakan di mana saja, baik di dataran tinggi maupun di landai, bahkan di laut.

Ide dasar di balik pemanfaatan energi angin adalah angin diubah menjadi energi rotasi oleh kincir angin, yang kemudian digunakan untuk memutar generator, yang pada gilirannya menghasilkan listrik.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Energi Angin

(Indriani et al., 2020)

Hembusan Angin (1) kipas/baling-baling berputar digerakan oleh angin (2) dan terhubung ke generator (3). Tidak seperti motor listrik, generator bekerja dalam arah yang berlawanan. Motor listrik membutuhkan listrik untuk beroperasi, sementara generator menghasilkan listrik berdasarkan kecepatan putarannya. Panel kontrol yang menampung beberapa generator (4) menerima energi listrik yang dihasilkan oleh generator dan menggunakan transformator step-up (5) untuk menaikkannya ke tegangan tinggi. Hal ini bertujuan untuk efektivitas biaya dan efisiensi daya. Karena daya sama dengan tegangan dikalikan arus, penampang kabel yang lebih kecil dapat menghasilkan tegangan yang lebih tinggi untuk daya yang sama.

2.2.3 Faktor Yang Berperan Pada Pembangkit Tenaga Bayu

Salah satu faktor terpenting dalam pembangkitan energi angin adalah kecepatan angin. Kecepatan angin dan udara diukur dengan anemometer. Dengan tingkat akurasi 3%, kecepatan angin akan berubah seiring waktu dan tempat. Ini menunjukkan bahwa keluaran daya akan berkisar antara +/- 9%. Misalnya, angin di Indonesia bisa lebih kencang di siang hari daripada di malam hari, dan bahkan di malam hari, mungkin tidak ada pergerakan udara yang terlihat di beberapa lokasi.

Sebelum naik ke ketinggian yang lebih tinggi, udara yang bergerak di dekat permukaan akan bergerak dengan kecepatan nol. Ini adalah fenomena alami dalam aliran dekat permukaan yang stasioner. Karena terlalu dekat dengan permukaan akan menghasilkan kecepatan angin yang sangat rendah dan pembangkitan daya yang sangat sedikit, semakin tinggi semakin baik. Kecepatan angin 5-7 m/s biasanya membutuhkan ketinggian 5-12 m.

Bilah baling-baling yang lebih tinggi dengan diameter 20 meter atau lebih akan menghasilkan daya dorong yang lebih besar daripada bilah yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa kecepatan angin di ujung atas baling-baling sekitar 1,2 kali lipat kecepatan angin di ujung bawahnya. Faktor ini perlu dipertimbangkan saat merencanakan tiang (menara) dan daya baling-baling. Turbin angin besar khususnya terpengaruh oleh hal ini.

Kontur permukaan juga memengaruhi kecepatan angin. Kecepatan angin akan rendah di daerah perkotaan dengan banyak rumah, apartemen, dan

perkantoran bertingkat. Lihat kecepatan angin di tempat lapang. Apakah angin mudah bergerak atau tidak bergantung pada seberapa padat benda di permukaan bumi. Saat mendesain turbin angin, faktor porositas ini juga harus dipertimbangkan.

2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan (PLTB)

1. Kelebihan

- Menggunakan energi terbarukan
- Ramah lingkungan, dan tidak berpolusi

2. Kekurangan

- Studi kasus lapangan membutuhkan waktu yang lama untuk memutuskan pengadaan lokasi PLTB (Ladang Angin).
- Membutuhkan lokasi area terbuka yang luas, yang dapat mengganggu lingkungan
- Membangun struktur relatif tinggi yang berpotensi mengganggu transportasi udara membutuhkan izin lahan
- Biaya instalasi sangat tinggi
- Tidak dapat diandalkan karena bergantung pada faktor-faktor alami.
- Tidak efisien

2.3 Turbin Bayu

Turbin angin / bayu pada awalnya dibuat untuk memenuhi kebutuhan para petani untuk irigasi dan penggilingan padi dan menghasilkan listrik. Turbin angin kuno, yang lebih dikenal sebagai windmill, dapat ditemui di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya banyak menggunakan turbin angin.

Turbin angin menggunakan dalam sistem konversi energi angin (SKEA). Mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik, yang kemudian digunakan untuk berbagai tujuan, beberapa hal seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik atau menggerakkan pompa untuk pengairan.



Gambar 2.2 Turbin Bayu
(Indriani et al., 2020)

Prinsip kerja dasar turbin angin adalah sebagai berikut: angin diubah menjadi energi putar oleh kincir angin, yang kemudian memutar generator dan menghasilkan listrik. Dengan memanfaatkan angin, sumber daya alam terbarukan, dan menerapkan konsep konversi energi, turbin angin semakin banyak digunakan untuk memasok listrik bagi masyarakat. Hingga saat ini, pengembangan turbin angin belum mampu bersaing dengan pembangkit listrik tradisional (seperti pembangkit listrik tenaga batu bara dan diesel). Kurangnya sumber daya alam tak terbarukan (seperti batu bara dan minyak bumi) sebagai bahan baku pembangkit listrik akan menjadi perhatian bagi peradaban, sehingga para ilmuwan masih terus mengembangkan turbin angin. Karena bahan bakar tak terbarukan seperti batu bara dan minyak akan segera habis, para ilmuwan menciptakan turbin angin. Biasanya, turbin angin hanya dapat mengumpulkan 20% hingga 30% dari total outputnya. Oleh karena itu, dengan meningkatkan komponen-komponen berikut, kita dapat meningkatkan efisiensi turbin angin.

1. Baling – baling

Baling—Baling panjang bias mengumpulkan atau menangkap lebih banyak energi daripada yang pendek. Ini karena baling-baling panjang, berat dan rentan mudah rusak. Fokus studi untuk mempertahankan panjang, kekuatan, dan ketebalan tetapi dengan berat yang sama.

2. Kontrol

Kencangnya angin meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan. Sementara itu. Baling-baling dirancang dengan bobot ringan, sehingga angin kencang tidak dapat menghancurkan turbin dengan mudah. Angin dapat merusak konstruksi baling-baling, bahkan menerbangkannya dengan mudah, jika tidak ada mekanisme rem atau penurunan kecepatan baling-baling. Kecepatan putaran baling-baling sangat dipengaruhi oleh rem, yang masih dipelajari.

Turbin angin horisontal bersudu tiga atau dua adalah yang paling umum digunakan. Kincir angin adalah jenis kincir digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Daya dihasilkan oleh turbin angin bergantung pada panjang diameter sudu. Namun saat ini, turbin angin banyak digunakan untuk menghasilkan listrik dari bumi melalui konversi energi dan penggunaan angin, sumber daya alam dapat diperbarui.

2.4 Tipe Turbin Bayu

2.4.1 Turbin Bayu Sumbu Horisontal

Jenis turbin angin yang paling banyak digunakan adalah yang bersumbu horizontal. Turbin angin jenis ini terdiri dari menara dengan baling-baling di puncaknya yang berfungsi sebagai rotor dan menghadap atau membelakangi arah angin, tetapi ada juga yang memiliki kurang atau lebih bilah baling-baling daripada yang disebutkan di atas. Turbin angin sumbu horisontal memiliki berbagai jenis, seperti:

1. Tipe American Multiblade

Jenis turbin angin dengan banyak sudu adalah turbin angin American Multiblade, yang biasanya memiliki lebih dari tiga sudu. Sesuai dengan namanya, turbin angin American Multiblade banyak ditemukan di Amerika Serikat dan digunakan untuk menggiling biji-bijian, menghasilkan listrik, dan air. Gambar 2.3 menunjukkan gambar turbin angin ini.



Gambar 2.3 Turbin Bayu Jenis American Multiblade
(Sidqi et al., 2022)

2. Tipe Dutch Four Aarm

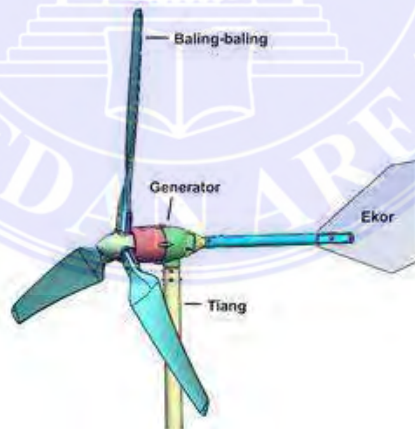
Turbin Bayu Dutch Four Aarm (DFA) memiliki empat sudu. Gambar 2.4 menunjukkan gambar turbin angin Dutch Four Aarm, biasanya digunakan oleh negara Belanda sebagai penggerak pompa yang dapat membasahkan lahan dengan memompa air dari polder, yang merupakan area di mana air dipompa keluar. Dengan angin teratur, pompa dapat tetap beroperasi. Selama berabad-abad, Belanda telah menggunakan turbin angin jenis ini untuk menggiling gandum dan memompa air untuk mengeringkan wilayahnya yang lebih rendah dari laut.



Gambar 2.4 turbin angin tipe Dutch Four Aarm
(Sidqi et al., 2022)

3. Tipe propeler

Turbin angin propeler jenis ini biasanya berisi dua atau tiga sudu. Kincir angin propeler sangat efisien. Karena karakteristiknya yang unggul, jenis ini biasanya digunakan untuk sistem pembangkit listrik tenaga angin. Gambar 2.5 menunjukkan jenis kincir angin propeler:



Gambar 2.5 Turbin Angin jenis propeler
(Sidqi et al., 2022)

2.4.2 Turbin Bayu Sumbu Vertikal

Prinsip yang sama berlaku untuk turbin bayu dengan sumbu vertikal. Namun, sudunya berputar dalam bidang yang paralel dengan tanah, seperti yang terlihat

dalam pengocok telur atau mixer. Karena kecepatan rotasi angin tercapai pada putaran rotor dan kecepatan angin yang tidak terlalu tinggi, turbin angin dengan jumlah sudu banyak lebih cocok digunakan pada daerah dengan potensi energi angin yang rendah. Untuk menghasilkan listrik, turbin angin dengan sudu kecil tidak akan berfungsi dengan baik di daerah dengan kecepatan rata-rata kurang dari 4 m/s. Oleh karena itu, daerah dengan potensi energi angin rendah adalah tempat yang tepat untuk membangun turbin angin yang membutuhkan mekanik. Untuk keperluan ini, turbin angin seperti Savonius, Cretan sail, dan multiblade dapat digunakan. Turbin sumbu vertikal dibagi menjadi dua jenis yaitu : Savonius dan Darrieus.

1. Turbin Darrieus

Turbin angin Darrieus, yang awalnya dipamerkan di Prancis pada tahun 1920-an, dipatenkan di Amerika Serikat oleh G.J.M. Darrieus pada tahun 1931. Turbin ini kemudian disempurnakan pada tahun 1974 dan menghasilkan listrik sebesar 64 kW. Keunggulan turbin angin ini adalah dapat menghasilkan listrik di wilayah dengan kecepatan angin lebih rendah karena bentuknya vertikal dan menyerupai troposkein, sebuah penemuan Yunani. Bilah-bilah tegak pada turbin angin sumbu vertikal ini berputar searah angin, seperti yang terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Turbin Darrieus.
(Huda & Kurniawan, 2023)

2. Turbin Bayu Savonius

Sigurd J. Savonius pertama kali menemukan turbin bayu tipe savonius, yang sangat sederhana. Turbin VAWT ini memiliki bentuk rotor setengah silinder. Turbin bayu Savonius berfungsi dengan prinsip drag differential, yang cukup sederhana. Gambar 2.7 menunjukkan contoh turbin Savonius.



Gambar 2.7 Turbin Savonius
(Sudirman et al., 2020)

Bilah dapat digunakan untuk mengubah energi angin. Energi angin yang memutar bilah akan diteruskan ke shaft generator, yang akan memutar shaft dan menghasilkan listrik. Rumus perancangan pembuatan bilah adalah sebagai berikut:

1. Jari-jari Bilah

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

R = Jari-jari Bilah (m)

A = Luas Sapuan Bilah (m)

2. Jari-jari Parsial

$$\lambda r = \frac{r}{R} \lambda R \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

λr = TSR Parsial untuk setiap element

r = Jari-jari Parsial (m)

UNIVERSITAS MEDAN AREA Jari-jari Bilah (m)

$$\lambda R = \text{TSR Bilah}$$

3. Sudut alir /*flow Angle*

$$\phi = \frac{2}{3} \tan^{-1} \frac{1}{\lambda r} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana : blm

ϕ = Sudut Alir atau flow angle ($^{\circ}$)

λr = TSR parsial untuk setiap elemen

4. Sudut Puntir/*Twist*

$$\beta = \phi - \alpha \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

ϕ = Sudut alir atau flow angle ($^{\circ}$)

α = sudut serang angin terhadap (*Angle Of Attack*) ($^{\circ}$)

5. Koreksi lebar bilah

$$Z = \frac{Cr}{\cos\beta} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

Cr = Lebar bilah atau Chord

Z = koreksi lebar bilah

β = Sudut puntir atau twist angle ($^{\circ}$)

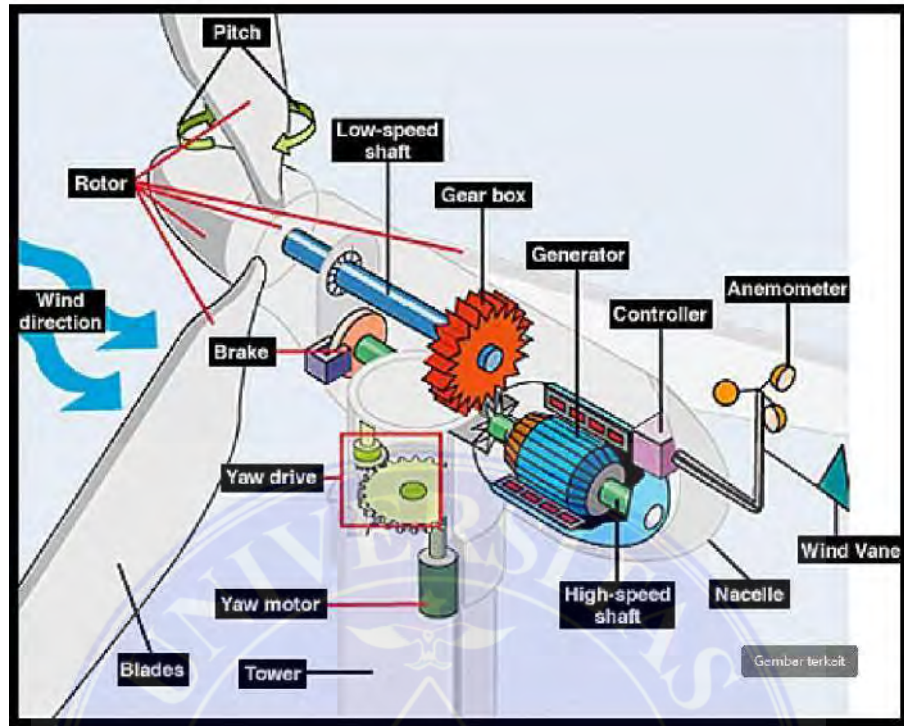
2.5 Konstruksi Turbin Bayu

Tujuan turbin angin adalah untuk menangkap dan memanfaatkan energi angin yang melewatinya. Membangun turbin angin membutuhkan penentuan ketinggian menara yang optimal, perancangan sistem kontrol, dan penentuan jumlah, bentuk, serta tata letak turbin secara umum.

Energi angin diubah menjadi energi listrik oleh turbin angin. Tiga bagian utama membentuk turbin angin sumbu horizontal:

- Komponen Rotor
- Komponen Generator

- Komponen Struktural



Gambar 2.8 Komponen – komponen Turbin
(Indriani et al., 2020)

2.6 Generator AC

Energi mekanik dapat diubah menjadi energi listrik arus bolak-balik menggunakan generator AC. Generator AC dan generator DC adalah dua jenisnya. Untuk menghasilkan arus bolak-balik, generator AC menggunakan cincin selip, sedangkan generator DC menggunakan arus searah.

Aplikasi generator AC sangat beragam, termasuk skuter listrik, sepeda, kapal pesiar, dan pembangkit listrik. Turbin angin, pembangkit listrik tenaga air kecil, mesin pembakaran dalam, dan turbin uap merupakan sumber energi mekanik yang umum untuk generator AC. Aliran gas bertekanan rendah dapat dihasilkan dari aliran gas bertekanan tinggi dengan bantuan generator AC.

Energi mekanik dinamis dapat diubah menjadi energi listrik AC menggunakan generator AC. Energi ini dihasilkan oleh proses induksi pada kawat yang dililitkan di kedua kutubnya. Ketika garis gaya internal kumparan terputus, terjadi induksi magnetik.

Terdapat dua pelat logam setengah lingkaran (komutator) yang mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah. Besarnya ggl induksi ditentukan oleh jumlah garis gaya yang terputus setiap detik.

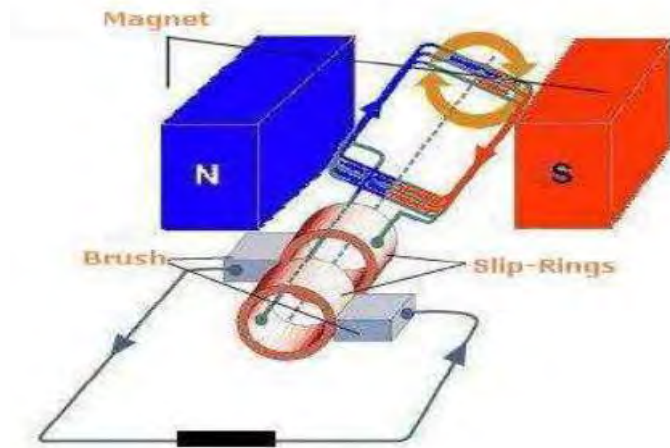


Gambar 2.9 Generator AC

2.6.1 Prinsip Kerja Generator

Hukum Faraday mengatakan bahwa gaya gerak listrik akan terbentuk pada sebatang penghantar yang berada pada medan magnet yang berubah-ubah. Ini adalah prinsip dasar generator arus bolak-balik. Besar tegangan generator dipengaruhi oleh:

1. Kecepatan Putaran (N)
2. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (Z)
3. Banyaknya Fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (F)
4. Kontruksi Generator



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Generator

(Asy & Ardiyatmoko, 2020)

2.6.2 Cara Kerja Generator AC

Saat kumparan berputar, medan magnet yang kuat dihasilkan. GGL dihasilkan dalam satu arah ketika salah satu sisi kumparan naik menembus medan magnet. Namun, GGL dihasilkan dalam arah yang berlawanan ketika kumparan terus berputar dan sisi yang berlawanan turun.

Aturan tangan kanan Fleming digunakan untuk menentukan arah GGL induksi. Operasi ini diulang dalam setiap siklus, menghasilkan GGL tipe bolak-balik.

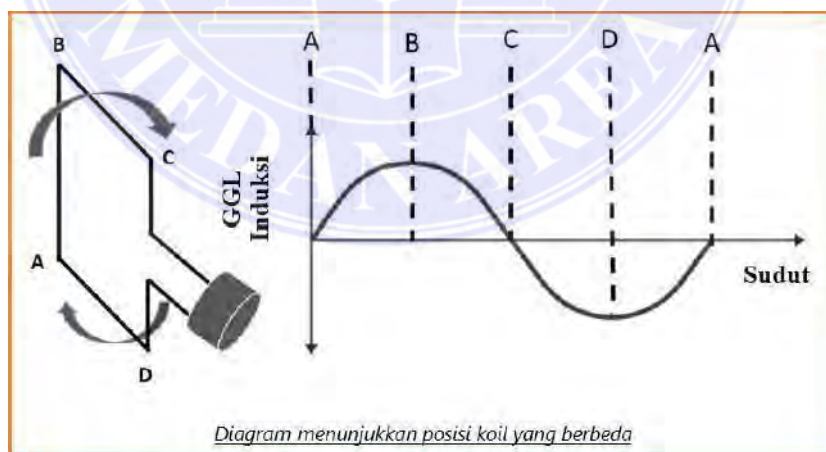


Diagram menunjukkan posisi koil yang berbeda

Gambar 2.11 Cara Kerja Generator AC

(Asy & Ardiyatmoko, 2020)

Output dari generator AC ditunjukkan di atas dengan gambar 2.11.

- A: Ketika kumparan berada pada 0 derajat, kumparan tidak menimbulkan ggl karena bergerak sejajar dengan medan magnet.
- B: Ketika kumparan berada pada sudut 90 derajat, kumparan bergerak pada sudut 90 derajat ke medan magnet, menginduksi ggl maksimum.
- C: Ketika kumparan berada pada 180 derajat, kumparan tidak menimbulkan ggl karena bergerak sejajar dengan medan magnet.
- D: Ketika kumparan berada pada 270 derajat, kumparan bergerak kembali pada 90 derajat ke medan magnet, menginduksi ggl maksimum. Dalam situasi ini, ggl yang diinduksi berlawanan dengan B.
- A: Saat kumparan berputar 360 derajat, ia menyelesaikan satu putaran dan bergerak sejajar dengan medan magnet, menginduksi ggl nol.

2.6.3 Kontruksi Generator AC

Dua komponen utama generator AC sederhana adalah stator dan rotor. Stator adalah bagian stasioner mesin, dan rotor berfungsi sebagai komponen berputar.

1. Stator

Stator adalah bagian stasioner yang dapat menahan belitan dinamo dengan baik. Tujuan belitan jangkar adalah untuk membawa arus ke beban, yang dapat berupa peralatan eksternal yang membutuhkan listrik. Ini terdiri dari tiga bagian yang paling penting:

- Rangka Stator: Rangka luar menahan inti stator dan belitan anker.
- Inti stator: Baja atau besi dilaminasi untuk mengurangi kehilangan arus eddy. Untuk mencegah gulungan anker, lubang dibuat di bagian dalam inti.
- Gulungan anker: terhubung ke slot inti anker.

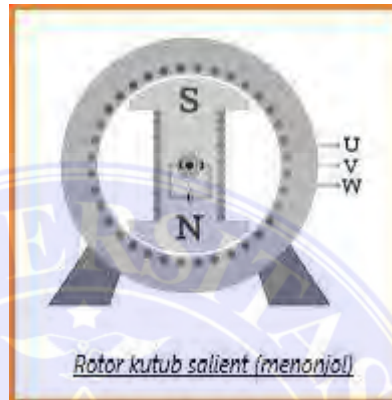
2. Rotor

Rotor, bagian yang berputar dari generator AC, terdiri dari belitan medan magnet. Kutub magnet dimagnetisasi oleh pasokan DC, yang dipasang pada cincin selip. Kombinasi ini terhubung ke poros umum, yang merupakan tempat

rotor berputar. Baik rotor kutub yang menonjol maupun rotor kutub silinder adalah dua jenis rotor tersebut.

- Rotor Kutub Salient

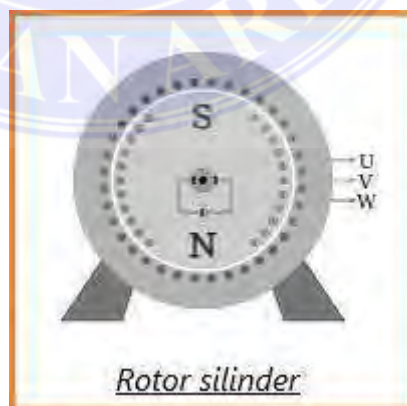
Gambar di bawah ini menunjukkan jenis rotor kutub yang menonjol (salient). Anda dapat melihat jumlah kutub yang diproyeksikan, juga disebut sebagai kutub yang menonjol dengan basisnya disematkan ke rotor. Aplikasi kecepatan rendah dan menengah menggunakannya.



Gambar 2.12 Rotor Kutub Salient
(Asy & Ardiyatmoko, 2020)

- Rotor Kutub Silinder

Rotor tipe silinder digunakan untuk aplikasi berkecepatan tinggi dan terdiri dari silinder yang kokoh dan tidak bergelombang dengan slot yang diatur di permukaan luar silinder. Diagram rotor kutub silinder ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 2.13 Rotor Silinder
(Asy & Ardiyatmoko, 2020)

2.7 Lampu

Lampu, terkadang disebut bohlam lampu, adalah perangkat penghasil cahaya. Lampu, yang berfungsi sebagai sumber cahaya, awalnya diciptakan oleh Sir Joseph William Swan. Lampu berbentuk botol memiliki ruang di dalamnya yang berisi kawat kecil yang, ketika dihubungkan ke arus listrik, akan menyala.

Lampu ini pertama kali diciptakan oleh seorang ilmuwan yang dianggap bodoh. Ia dianggap bodoh dan sering gagal, tetapi ia terus berusaha mengembangkan lampu, dan bertahun-tahun kemudian ia berhasil menciptakan bola lampu.

Thomas Alfa Edison adalah seorang penemu yang menemukan bola lampu atau diakui sebagai penciptanya. Perjuangan lama Thomas Edison saat ini sedang berbuah. Saat ini, hampir semua orang menggunakan penemuan yang sama yang telah ada sejak lama. Bentuk dan jenis lampu juga beragam:

1. Lampu Halogen

Gas dan kawat tungsten digunakan dalam lampu ini, dan gas tersebut ditempatkan di dalam ruang vakum. Sinar yang kuat dapat dihasilkan oleh gas ini. Penerangan sorot dilakukan dengan bohlam halogen. Untuk meningkatkan intensitas keluaran cahaya, lampu halogen biasanya menggabungkan reflektor, atau cermin, di belakangnya. Meskipun perlengkapan khusus biasanya digunakan, beberapa perlengkapan saat ini menggunakan perlengkapan konvensional. Lampu sorot adalah jenis lampu yang memfokuskan cahaya pada area tertentu. Misalnya, dapat digunakan untuk menerangi sebuah karya seni. Jika pencahayaan terfokus diperlukan untuk menghasilkan efek dramatis, seperti menyorot patung atau tanaman, lampu ini dapat digunakan untuk penerangan taman. Karena lampu filamen menjadi lebih terang, jenis bohlam ini sebenarnya Jumlah energi (watt) yang sama dibutuhkan untuk jenis lampu ini.



Gambar 2.14 Lampu Halogen

2. Lampu Pijar

Saat aliran listrik mengalirinya, kawat filamen lampu ini berpijar. Ini adalah lingkaran kawat yang berubah menjadi cahaya. Untuk waktu yang relatif lama, jenis lampu ini sangat panas. karena itu Lampu ini menggunakan banyak listrik. Suhu cahaya lampu pijar berkisar antara 2 500 dan 2 700 K (Kelvin), dan dibuat dengan menggunakan filamen tungsten, sejenis kawat pijar, di dalam bola kaca yang diisi dengan gas seperti nitrogen, argon, kripton, hidrogen, dan lainnya. Untuk memberikan tingkat terang yang sama, lampu TL membutuhkan lebih banyak energi dari pada lampu ini. Lampu pijar atau bohlam biasa ini hanya bertahan 1000 jam, atau 10 jam setiap hari. bohlam hanya bertahan tiga hingga empat bulan, dan setelah itu kita harus membeli yang baru.



Gambar 2.15 Lampu Pijar

3. Lampu TL

Lampu-lampu ini bersinar karena unsur-unsur fosforesen, yang mengubah radiasi ultraviolet menjadi cahaya. Lampu neon, sebutan lain untuk lampu fluorezen, kini hadir dalam berbagai bentuk. Tersedia juga lampu yang memanjang, berbentuk tornado, atau spiral, serta yang memanjang vertikal dengan fitting seperti lampu pijar standar. Lampu fluorezen menggunakan lebih sedikit energi daripada lampu pijar karena lebih terang. Lampu fluorezen berkualitas tinggi dapat bertahan hingga sepuluh tahun atau 15.000 jam, dan harganya sekitar sepuluh kali lebih mahal daripada lampu pijar biasa. Lampu fluorezen berkualitas rendah hanya bertahan empat hingga enam bulan. Banyak merek lampu "hemat energi" murah yang tersedia saat ini berkualitas rendah. Jenis lampu fluorezen saat ini hadir dalam berbagai macam bentuk dan fitting, termasuk fitting berulir yang biasanya terdapat pada lampu biasa. Lampu fluorezen lebih murah daripada lampu pijar standar karena menggunakan lebih sedikit energi listrik. Lampu fluorezen saat ini hadir dalam berbagai macam bentuk, fitting, dan warna cahaya, termasuk kuning dan putih. Karena lampu TL dapat menyeimbangkan biaya dan umur, lampu ini sering digunakan untuk menerangi toko, pusat perbelanjaan, dan lokasi lain yang membutuhkan pencahayaan yang lebih terang dan lebih hemat energi.



Gambar 2.16 Lampu TL

4. Lampu LED

Salah satu jenis lampu yang paling hemat energi adalah lampu LED. Lampu kecil ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Selain itu, warna yang dihasilkan sangat menarik. Kehidupan kita sangat diuntungkan oleh jenis

lampu ini. Kita dapat membuat dekorasi rumah kita indah dengan menggunakan jenis lampu yang tepat. Ciri-ciri sirkuit semikonduktor lampu ini adalah bahwa ketika listrik dialiri, ia akan mengeluarkan cahaya. Sifat lampu TL adalah pijaran partikel, tidak seperti filamen yang harus dipijarkan atau dibakar. Lampu LED tidak memancarkan banyak panas seperti lampu pijar karena memancarkan cahaya melalui aliran listrik. Akibatnya, lampu LED terasa dingin saat digunakan. Lampu LED memiliki berbagai warna sinar, seperti putih, kuning, dan lainnya. satu jenis bentuk lampu LED yang dapat menggantikan bohlam. Yang pasti, lampu LED adalah lampu yang terdiri dari kumpulan LED kecil berwarna putih atau kuning. Mereka juga paling hemat energi daripada jenis lampu lainnya, meskipun mereka masih agak mahal.



Gambar 2.17 Lampu LED

2.8 Kabel Listrik

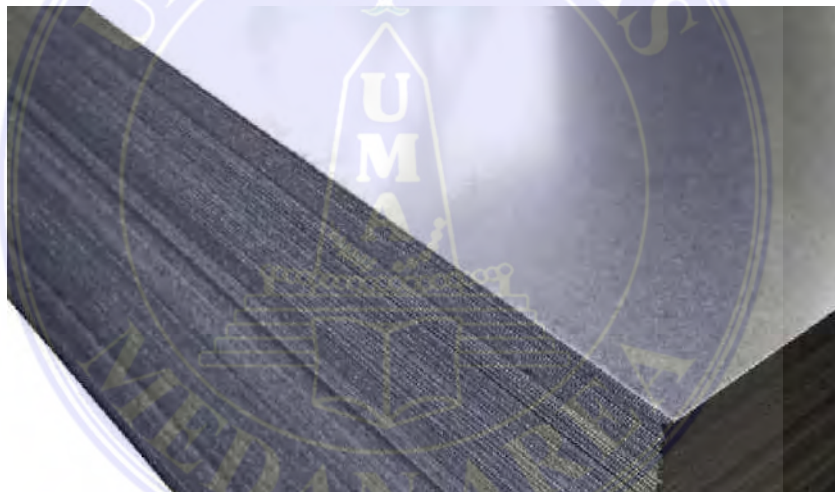
Dikenal dalam bahasa Inggris sebagai "*Electrical cable*", kabel listrik menggunakan konduktor, atau bahan yang dapat menghantarkan listrik. Bahan-bahan ini biasanya terbuat dari tembaga dan aluminium, meskipun terkadang juga terbuat dari perak atau emas. Namun, karena harganya yang mahal, bahan-bahan ini jarang digunakan. Bahan yang digunakan dalam kabel listrik yang bersifat termoplastik atau termoset—polimer (karet, plastik, dll.) yang mengalami pemanasan dan pendinginan berulang—tidak dapat menghantarkan listrik dengan baik.

Kabel listrik pada dasarnya adalah sekelompok kabel berisolasi yang disambungkan untuk membentuk saluran transmisi dengan beberapa konduktor. Warna, label informasi, dan fungsi merupakan pertimbangan penting saat memilih kabel listrik. Kita dapat memilih kabel listrik yang tepat untuk aplikasi kita dengan menggunakan informasi penting pada label ini.

2.9 Jenis-jenis Bahan

2.9.1 Seng

Seng galvanis sering digunakan dalam pembuatan atap, pagar, pipa saluran air, dan struktur lainnya yang terpapar cuaca. Seng galvanis dilapisi dengan lapisan seng murni untuk melindunginya dari korosi. Proses galvanisasi membuat lapisan seng murni menjadi lapisan pelindung yang sangat baik terhadap udara dan kelembaban, yang dapat menyebabkan korosi.



Gambar 2.18 Plat Seng

2.9.2 Akrilik

Akrilik adalah plastik polimer yang mirip kaca dan sering digunakan sebagai pengganti kaca. Akrilik lebih ringan dan memiliki kejernihan yang lebih besar daripada kaca, yang membuatnya menjadi pilihan yang baik untuk menggantikan kaca. Selain itu, akrilik lebih mudah dibentuk daripada kaca. Banyak orang mempertimbangkan harganya yang lebih rendah. Selain itu, akrilik sangat kuat sehingga tetap awet meskipun digunakan selama bertahun-tahun. Jika terkena sinar matahari langsung dalam waktu yang lama, warnanya akan tetap sama.



Gambar 2.19 Plastik Akrilik



BAB III

METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat penelitian dalam melakukan Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada lahan terbuka yaitu dilaksanakan dirumah saya Jl. Tempuling Gang Tuah No.5

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian yang diperlukan dalam melakukukan penelitian ini kurang lebih 3 bulan. Hal ini dapat ditunjukkan dalam tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke											
		I				II				III			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Persiapan Alat dan Bahan												
2	Perancangan Alat												
3	Pembuatan Bilah Pembangkit												
4	Pemasangan Komponen Alat Pembangkit												
5	Melakukan Pengujian Alat												
6	Penyusunan Laporan Proposal Skripsi												

3.2 Kebutuhan Bahan dan Alat

Dalam Perancangan prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin ini, diperlukan beberapa alat dan bahan untuk merakit Bilah Pembangkit Listrik Tenaga Angin tersebut hingga dapat tercipta sesuai dengan apa yang diinginkan. Kebutuhan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras (*hardware*) yang digunakan. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam uji coba antara lain

3.2.1 Bahan Perancangan

Adapun bahan perancangan yang digunakan oleh penelitian dalam perancangan ini, yaitu :

1. Generator AC, yang berfungsi sebagai pembangkit energi listrik yang sistem kerjanya dari energi mekanik menjadi energi listrik.
2. Regulator, yang berfungsi sebagai pengontrol tegangan ataupun sebagai penyeimbang tegangan yang dikeluarkan oleh Generator AC
3. Seng dan Akrilik, yang berfungsi sebagai media pembuatan bilah / Prototype pembangkit listrik tenaga angin
4. Kabel, yang berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari keluaran Generator DC menuju beban.
5. Lampu DC, yang berfungsi sebagai beban pada pembangkit. Lampu 12 Volt.

3.2.2 Alat Perancangan

Adapun alat perancangan yang digunakan oleh penelitian dalam perancangan ini, yaitu :

1. Grenda Potong, berfungsi untuk memotong media yang keras untuk perancangan Bilah / Turbin Pembangkit.
2. Bor Tangan, berfungsi untuk membuat lubang pada perancangan Bilah / Turbin Pembangkit.
3. Solder, berfungsi untuk melunakkan timah putih dan merekatkan kabel kepada Generator AC.
4. Obeng Plus (+) dan Minus (-), yang berfungsi untuk mengencangkan dan melonggarkan baut.

- Multi Tester, yang berfungsi untuk melihat nilai tegangan, tahanan dan mengecek kabel.

3.3 Data Spesifikasi Generator AC

Data spesifikasi Generator AC yang digunakan sebagai pembangkit listrik dalam penelitian pembuatan prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.

Tabel 3.2 Data Spesifikasi Pembangkit Generator AC

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe Pembangkit	Generator AC	-
Tegangan Pembangkit	12 – 220	Volt
Arus Pembangkit	0,09 – 1,67	A
Daya Pembangkit	20	Watt
Panjang Pembangkit	12	Cm

3.4 Metode Penelitian

Metode Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk mempermudah dan memperjelas arah penelitian yang akan di laksanakan dalam melakukan perancangan Prototype (PLTB) pembangkit listrik tenaga angin dengan cara melakukan pengujian setiap komponen jenis bahan yang berbeda. sehingga mengetahui jenis bahan bilah mana yang lebih efisiensi sebagai media untuk bilah pembangkit listrik tenaga angin.

3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dalam perancangan prototype pembangkit listrik tenaga angin, merancang prototype PLTB dengan menggunakan jenis - jenis bahan yang berbeda dalam merancang prototype PLTB untuk mengetahui jenis bahan mana yang lebih efektif dan efisiensi yang dihasilkan oleh Generator AC dengan melihat nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator. Berikut adalah tahapan- tahapan penelitian yang akan dilakukan:

- Studi Literatur

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk

mempermudah dan memperjelas arah penelitian dengan mengumpulkan informasi dan literatur terkait metode perancangan prototype pembangkit listrik energi bayu

2. Perancangan Prototype PLTB

Perancangan prototype PLTB dilakukan dengan memilih dan mengintegrasikan komponen dan alat-alat yang dibutuhkan dalam merancang skema prototype PLTA dari jenis bahan bilah yang berbeda.

3. Pembuatan Prototype PLTB

Membuat prototype pembangkit listrik tenaga bayu yang telah dirancang dengan menggunakan jenis bahan, Seng dan Akrilik serta pemasangan Generator AC, memasang rangkaian kabel transmisi ke beban dan serta memasang lampu untuk sebagai beban Generator AC. Sehingga menjadi sebuah pembangkit listrik energi angin

5 Pengujian Alat

Melakukan pengujian prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan media udara aginnya menggunakan sebuah alat elektronik kipas angin dan serta memastikan bilah pembangkit listrik tenaga bayu yang telah dirancang berfungsi dengan baik atau tidak, dengan melihat Generator AC berputar dan menghasilkan energi listrik dengan sebagai penanda beban yaitu lampu Led.

6 Analisis Data

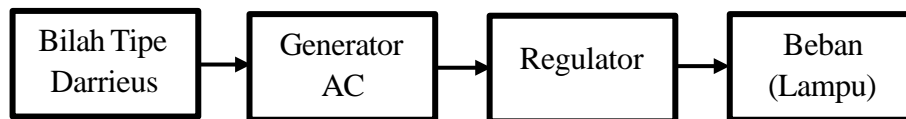
Melakukan analisis data pada bilah pembangkit listrik tenaga bayu dengan perbedaan jenis bahan yang digunakan dapat dilakukan dengan melihat tegangan output pada generator AC.

7 Pembuatan Laporan Akhir

Membuat laporan akhir pada perancangan bilah pembangkit listrik tenaga bayu dengan menggunakan jeni-jenis bahan yang berbeda. menjadi sebuah laporan penelitian tugas akhir

3.6 Diagram Alir Skema Pemasangan Prototype PLTB

Diagram alir skema perancangan prototype pembangkit listrik tenaga bayu terdapat beberapa susunan rangkaian yaitu dapat dilihat pada blok diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Skema Perancang Prototype PLTB

3.7 Perancangan Model Kontruksi Prototype PLTB

Perancangan model kontruksi prototype pembangkit listrik tenaga bayu yang di rancang adalah model tipe Darrieus vertikal yang dimana turbin vertikal Darrieus memiliki 2 atau 3 sudu dengan sebuah penampang berbentuk airfoil, sehingga besarnya angin yang dapat ditangkap oleh sudu turbin tergantung pada variasi sudut sudu. Bila dilihat dari perspektif sudu, gerakan rotasi dari sudu yang diakibatkan oleh angin merupakan hasil dari daya kinetik angin yang menabrak sudu dengan daya mekanik yang dimiliki turbin. Jika sudut serang dari angin pada sudu lebih besar dari nol, maka akan timbul gaya angkat yang dapat mendorong sudu turbin tipe Darrieus. Dapat dilihat pada gambar sketsa perancangan prototype PLTB.

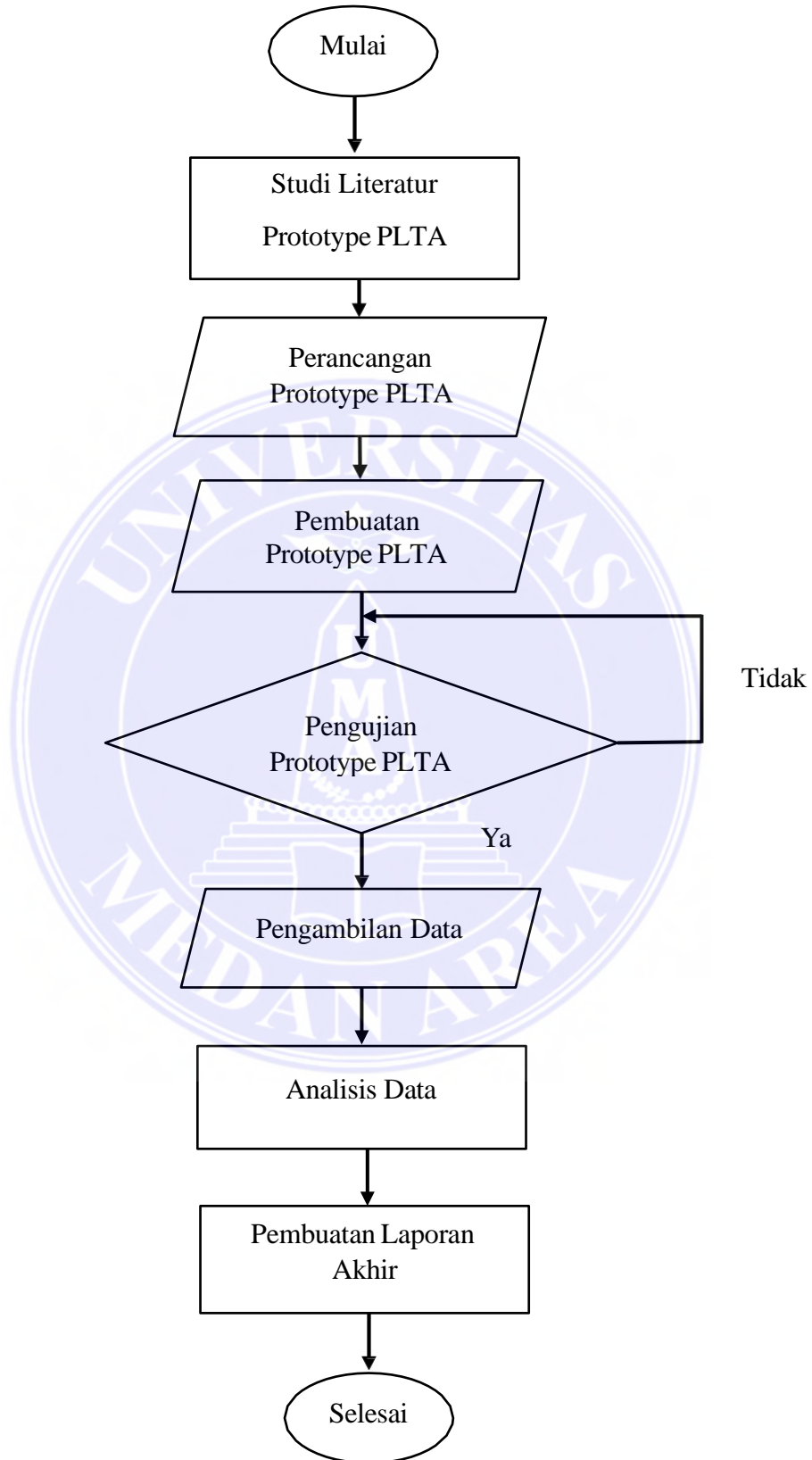
3.7.1 Sketsa Perancangan Prototype PLTB

Sketsa perancangan prototype PLTB yang dimana bentuk sektsa yang dirancang sebaik mungkin sehingga prototype PLTB tipe Darrieus dapat berkerja memutar generator dan menjadi sebuah pembangkit listrik yang energi awalnya dari energi angin.



Gambar 3.2 Sketsa Perancangan Prototype PLTB

3.8 Diagram Alir Perancangan Prototype PLTA



Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Prototype PLTA

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil dari Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu yang dirancang dengan bentuk tipe Darrieus sebagai turbin angin yang nantinya akan memutar pembangkit generator AC yang dapat menghasilkan tegangan keluaran berkapasitas 12 V – 220 v, dari tegangan keluaran oleh pembangkit generator AC akan menghidupkan sebuah lampu yang berkapasitas tegangannya 12 V.

Setelah selesai melakukan perancangan dan pembuatan prototype pembangkit listrik tenaga bayu tipe Darrieus, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan membandingkan dan melihat tingkat efisiensi dari jenis bahan bilah yang digunakan dengan bahan seng dan akrilik sebagai media kipas bilah pada turbin yang di rancang. Dengan ukuran dan berat yang sama yaitu ukuran Panjang 31 Cm x Lebar 18 Cm, beratnya 138 gram pada bahan seng dan akrilik. Dengan jarak pengukuran yang sama yaitu 10 Cm, lalu kondisi kecepatan angin yang sama sebagai media hembusan untuk memutar baling-baling bilah dengan hembusan kecepatan angin 4,3 m/s, lalu dengan sudut bilah yang sama 32 derajat dan spesifikasi generator yang sama yaitu generator AC yang dapat menghasilkan tegangan 12 V – 220 V. Dalam pengujian untuk memutar turbin sebagai mediasi udaranya menggunakan udara buatan yaitu menggunakan kipas angin sebagai mediasi udaranya.

4.2 Pengujian Prototype PLTB Dengan Jenis Bahan Seng

Hasil Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan menggunakan jenis bahan bilah seng seperti gambar pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Prototype PLTB Jenis Bahan Seng

Setelah melakukan perancangan Prototype PLTB menggunakan jenis bahan bilah seng pada baling-baling Prototype PLTB, saya melakukan pengujian dan pengukuran pada baling-baling jenis bahan bilah seng tanpa beban dan menggunakan beban pada Prototype PLTB tersebut menggunakan beberapa pengujian dan pengukuran dengan media angin dari kipas angin untuk memutar baling-baling jenis bahan bilah seng pada Prototype PLTB dengan melihat perbandingan dari kecepatan angin / udara sebesar 3,4 m/s yang dapat memutar baling-baling jenis bahan bilah seng pada Prototype PLTB sehingga dari pengujian tersebut bisa mengetahui kecepatan putaran baling-baling bilah seng yang mampu memutar generator AC dan berapa besar tegangan yang dikeluarkan oleh generator AC. sehingga dapat menghidupkan bolah lampu LED bertegangan 12 Volt. Berikut data tabel pengujian dan pengukuran pada Prototype PLTB menggunakan jenis bahan bilah seng dapat dilihat di bawah ini:

Tabel 4.1 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Seng Tanpa Beban

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Bilah (Rpm)	Tegangan Keluaran Generator (V)	Arus Kapasitas Generator (A)	Daya Kapasitas Generator (P)
4,3 m/s	40 Rpm	11 Volt	1,67	18 Watt

Demikian dari hasil tabel 4.1 pengujian prototype PLTB jenis bahan seng tanpa beban didapatkan hasil pengujian dengan kecepatan hembusan angin 4,3 m/s untuk memutar baling-baling bilah dan baling-baling bilah berputar dengan kecepatan 40 Rpm. Dari hasil putaran baling-baling bilah 40 Rpm maka generator AC dapat menghasilkan keluaran tegangan 11 Volt dengan kapasitas arus pada generator AC 1,67 Ampere dan daya generator AC 20 Watt.

Tabel 4.2 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Seng Beban Lampu

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Bilah (Rpm)	Tegangan Keluaran Lampu (V)	Arus Keluaran Lampu (A)	Daya Keluaran Lampu (P)	Keterangan Lampu Hidup / Mati
4,3 m/s	40 Rpm	11 Volt	0,3	3,3 Watt	Lampu Hidup

Demikian dari hasil tabel 4.2 pengujian prototype PLTB jenis bahan seng dengan beban lampu didapatkan hasil pengujian dengan kecepatan hembusan angin 4,3 m/s untuk memutar baling-baling bilah dan baling-baling bilah berputar dengan kecepatan 40 Rpm. Dari hasil putaran baling-baling bilah 40 Rpm maka generator AC dapat menghasilkan keluaran tegangan 11 Volt, lalu lampu hidup sehingga arus pada lampu sebesar 0,3 Ampere dan daya pada lampu 11 Volt sebesar 3,3 Watt. Lampu yang dipakai dengan daya sebesar 5 Watt.

4.2.1 Analisis Efisiensi pada Prototype PLTB Jenis Bahan Seng

Analisis Efisiensi pada prototype PLTB jenis bahan seng untuk perhitungan pertama yang akan dilakukan yaitu menghitung Daya angin dan tingkat efisiensi dari jenis bahan seng yang digunakan pada prototype pembangkit listrik tenaga angin (PLTB).

- **Menghitung Daya Angin**

$$\begin{aligned}
 P_{\text{angin}} &= \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \\
 &= \frac{1}{2} 1,225 \text{ Kg/m}^3 \cdot 38 \text{ Cm} \cdot (4,3)^3 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ Kg/m}^3 \cdot (38/100) \cdot 79,51 \text{ m/s}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,0038 \text{ m}^2 \cdot 79,51 \text{ m/s}$$

$$P_{\text{angin}} = 0,18 \text{ KW} = 180 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan rumus diatas dalam perhitungan daya angin, maka didapatkan daya angin yang dihasilkan sebesar 180 Watt.

- **Menghitung Efisiensi Generator Tanpa Beban**

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

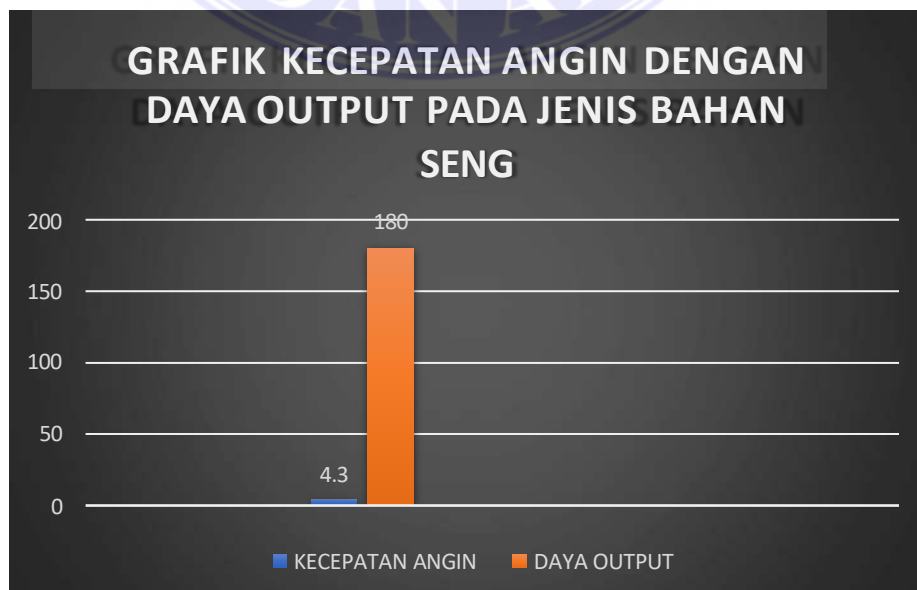
$$= \frac{18 \text{ Watt}}{180 \text{ Watt}} \times 100\% = 10\%$$

- **Menghitung Efisiensi Generator Beban Lampu**

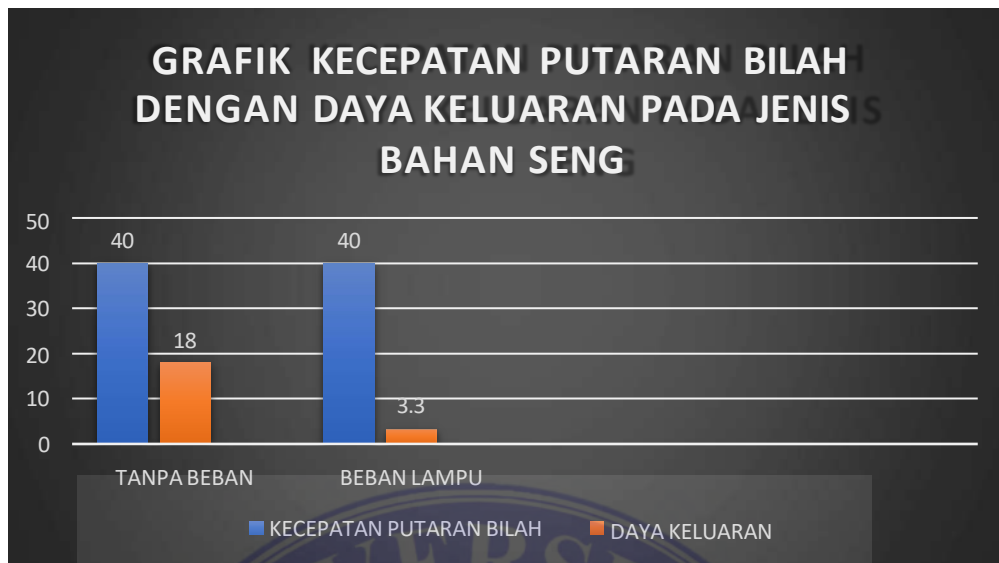
$$Efisiensi = \frac{\text{Energi Listrik Yang Dihasilkan}}{\text{Energi Kinetik Angin Yang Tersedia}} \times 100\%$$

$$= \frac{3,3 \text{ Watt}}{180 \text{ Watt}} \times 100\% = 1,8\%$$

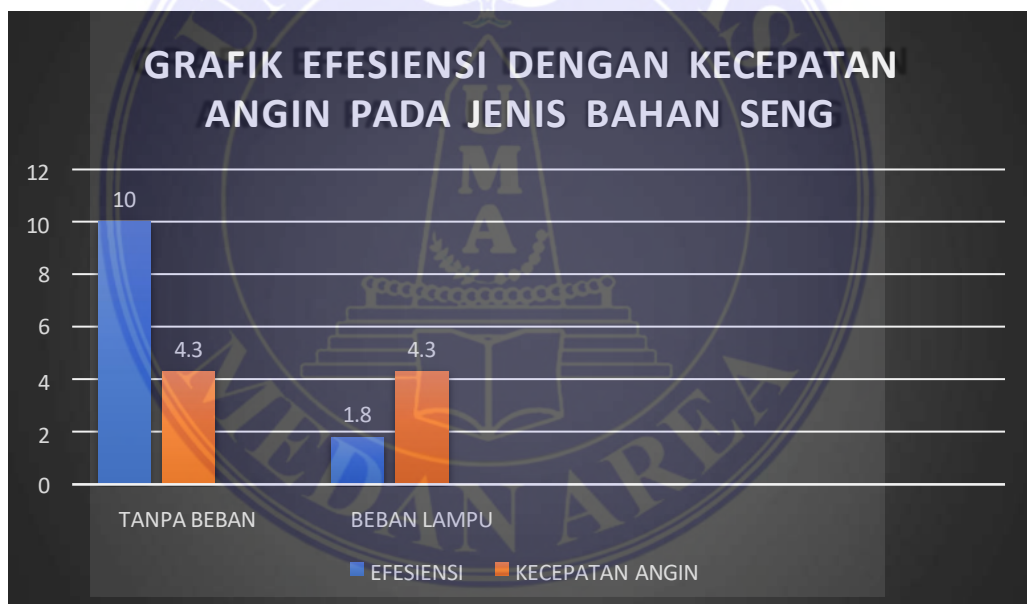
Dari hasil perhitungan rumus diatas dalam perhitungan tingkat efisiensi pada jenis bahan bilah seng yang digunakan yaitu terdapat tingkat efisiensi pada generator tanpa beban sebesar (10%), sedangkan tingkat efisiensi generator berbeban lampu didapatkan nilai efisiensi sebesar (1,8%).



Gambar 4.2 Grafik Kecepatan Angin Dengan Daya Output Bahan Seng



Gambar 4.3 Grafik Kecepatan Putaran Bilah Dengan Daya Keluaran Bahan Seng



Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Dengan Kecepatan Angin Bahan Seng

4.3 Pengujian Prototype PLTB Dengan Jenis Bahan Akrilik

Hasil Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan menggunakan jenis bahan bilah akrilik seperti gambar pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.5 Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik

Setelah melakukan perancangan Prototype PLTB menggunakan jenis bahan bilah akrilik pada baling-baling Prototype PLTB, saya melakukan pengujian dan pengukuran pada baling-baling jenis bahan bilah akrilik tanpa beban dan menggunakan beban pada Prototype PLTB tersebut menggunakan beberapa pengujian dan pengukuran dengan media angin dari kipas angin untuk memutar baling-baling jenis bahan bilah akrilik pada Prototype PLTB dengan melihat perbandingan dari kecepatan angin / udara sebesar 3,4 m/s yang dapat memutar baling-baling jenis bahan bilah akrilik pada Prototype PLTB sehingga dari pengujian tersebut bisa mengetahui kecepatan putaran baling-baling bilah akrilik mampu memutar generator AC dan berapa besar tegangan yang dikeluarkan oleh generator AC. sehingga dapat menghidupkan bola lampu LED bertegangan 12 Volt. Berikut data tabel pengujian dan pengukuran pada Prototype PLTB menggunakan jenis bahan bilah akrilik dapat dilihat di bawah ini:

Tabel 4.3 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik Tanpa Beban

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Bilah (Rpm)	Tegangan Keluaran Generator (V)	Arus Kapasitas Generator (A)	Daya Kapasitas Generator (P)
4,3 m/s	45 Rpm	13 Volt	1,54	20 Watt

Demikian dari hasil tabel 4.3 pengujian prototype PLTB jenis bahan akrilik tanpa beban didapatkan hasil pengujian dengan kecepatan hembusan angin 4,3 m/s untuk memutar baling-baling bilah dan baling-baling bilah berputar dengan kecepatan 45 Rpm. Dari hasil putaran baling-baling bilah 45 Rpm maka generator AC dapat menghasilkan keluaran tegangan 13 Volt dengan kapasitas arus pada generator AC 1,54 Ampere dan daya generator AC 20 Watt.

Tabel 4.4 Pengujian Prototype PLTB Jenis Bahan Seng Beban Lampu

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Bilah (Rpm)	Tegangan Keluaran Lampu (V)	Arus Keluaran Lampu (A)	Daya Keluaran Lampu (P)	Keterangan Lampu Hidup / Mati
4,3 m/s	45 Rpm	13 Volt	0,4	5 Watt	Lampu Hidup

Demikian dari hasil tabel 4.4 pengujian prototype PLTB jenis bahan seng dengan beban lampu didapatkan hasil pengujian dengan kecepatan hembusan angin 4,3 m/s untuk memutar baling-baling bilah dan baling-baling bilah berputar dengan kecepatan 45 Rpm. Dari hasil putaran baling-baling bilah 45 Rpm maka generator AC dapat menghasilkan keluaran tegangan 13 Volt, lalu lampu hidup sehingga arus pada lampu sebesar 0,4 dan daya pada lampu 13 Volt sebesar 5 Watt. Lampu yang dipakai dengan daya sebesar 5 Watt.

4.3.1 Analisis Efisiensi pada Prototype PLTB Jenis Bahan Akrilik

Analisis Efisiensi pada prototype PLTB jenis bahan Akrilik untuk menghitung Daya angin dan tingkat efisiensi dari jenis bahan seng yang digunakan pada prototype pembangkit listrik tenaga angin (PLTB).

- **Menghitung Daya Angin**

$$\begin{aligned}
 P_{\text{angin}} &= \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \\
 &= \frac{1}{2} 1,225 \text{ Kg/m}^3 \cdot 38 \text{ Cm} \cdot (4,3)^3 \text{ m/s} \\
 &= \frac{1}{2} 1,225 \text{ Kg/m}^3 \cdot (38/100) \cdot 79,51 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,0038 \text{ m}^2 \cdot 79,51 \text{ m/s}$$

$$P_{\text{angin}} = 0,18 \text{ KW} = 180 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan rumus diatas dalam perhitungan daya angin, maka didapatkan daya angin yang dihasilkan sebesar 180 Watt.

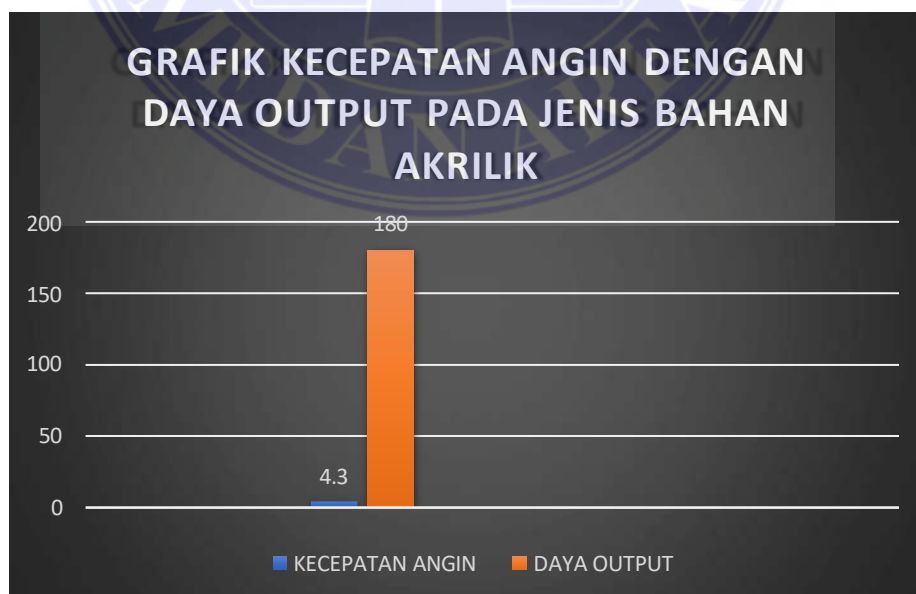
- **Menghitung Efisiensi Generator Tanpa Beban**

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{20 \text{ Watt}}{180 \text{ Watt}} \times 100\% = 11\% \end{aligned}$$

- **Menghitung Efisiensi Generator Beban Lampu**

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{4,4 \text{ Watt}}{180 \text{ Watt}} \times 100\% = 2,4\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan rumus diatas dalam perhitungan tingkat efisiensi pada jenis bahan bilah seng yang digunakan yaitu terdapat tingkat efisiensi pada generator tanpa beban sebesar (11%), sedangkan tingkat efisiensi generator berbeban lampu didapatkan nilai efisiensi sebesar (2,4%).



Gambar 4.6 Grafik Kecepatan Angin Dengan Daya Output Bahan Akrilik



Gambar 4.7 Grafik Kecepatan Putaran Bilah Dengan Daya Keluaran Bahan Akrilik



Gambar 4.8 Grafik 4.6 Efisiensi Dengan Kecepatan Angin Bahan Akrilik

Demikian dari hasil pengujian dan perhitungan pada pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dengan menggunakan jenis bahan bilah yang berbeda yaitu jenis bahan seng dan akrilik dengan pengujian kecepatan angin yang sama untuk memutar baling-baling bilah kedua jenis bahan yaitu kecepatan hembusan angin sebesar 4,3 m/s, dengan diameter luas baling-baling bilah 38 Cm maka daya angin yang sebesar 180 Watt. maka dari hasil perhitungan PLTB jenis bahan seng tanpa beban yang kecepatan putaran bilah 40 Rpm dan memutarakan generator AC

sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 11 Volt, arus sebesar 1,67, daya sebesar 18 Watt dan nilai efisiensi sebesar 10 %. Kemudian untuk pengujian PLTB jenis bahan seng menggunakan beban lampu 5 watt dengan hembusan kecepatan angin 4,3 m/s. bilah jenis bahan seng berputar dengan kecepatan 40 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 11 volt, arus sebesar 0,3 Ampere, daya sebesar 3,3 watt dan nilai efisiensi sebesar 1,8%. Sedangkan dengan pengujian dengan hasil baling-baling jenis bahan bilah akrilik tanpa beban pada Prototype PLTB didapatkan hasil dari pengujian hembusan kecepatan angin yang sama yaitu 4,3 m/s. bilah jenis bahan akrilik berputar dengan kecepatan 45 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 13 Volt, Arus sebesar 1,54, daya sebesar 20 Watt dan nilai efisiensi sebesar 11%. Kemudian untuk pengujian Prototype PLTB jenis bahan akrilik menggunakan beban lampu 5 watt dengan hembusan kecepatan angin yang masih sama sebesar 4,3 m/s. baling-baling bilah jenis bahan akrilik berputar 45 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 13 Volt, Arus 0,4 Ampere, daya sebesar 5 watt dan nilai efisiensi sebesar 2,4 %.

Maka dapat dipertimbangkan ataupun dibandingkan dari penggunaan jenis bahan pada baling-baling jenis bahan bilah seng dan akrilik pada Prototype PLTB tingkat yang lebih efisiensi dari penggunaan jenis bahan bilah yaitu baling-baling pada Prototype PLTB menggunakan jenis bahan bilah akrilik karena baling-baling bilah lebih konstan berputar, kecepatan putaran baling-baling bilah akrilik lebih kencang dari bilah jenis bahan seng. Dan juga juga tingkat nilai efisiennya yang lebih besar menggunakan jenis bahan bilah akrilik yaitu mencapai 11 % dan 2,4 % sedangkan nilai efisiensi menggunakan jenis bahan bilah seng lebih kecil dari jenis bahan bilah akrilik yaitu nilai efisiensi jenis bahan seng mencapai 10% dan 1,8%.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan proses prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan mempertimbangkan jenis bahan bilah dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian dan perhitungan pada pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dengan menggunakan jenis bahan bilah yang berbeda yaitu jenis bahan seng dan akrilik dengan pengujian kecepatan angin yang sama untuk memutar baling-baling bilah kedua jenis bahan yaitu kecepatan hembusan angin sebesar 4,3 m/s, dengan diameter luas baling-baling bilah 38 Cm maka daya angin yang sebesar 180 Watt. maka dari hasil perhitungan PLTB jenis bahan seng tanpa beban yang kecepatan putaran bilah 40 Rpm dan memutar generator AC sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 11 Volt, arus sebesar 1,67, daya sebesar 18 Watt dan nilai efisiensi sebesar 10 %. Kemudian untuk pengujian PLTB jenis bahan seng menggunakan beban lampu 5 watt dengan hembusan kecepatan angin 4,3 m/s. bilah jenis bahan seng berputar dengan kecepatan 40 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 11 volt, arus sebesar 0,3 Ampere, daya sebesar 3,3 watt dan nilai efisiensi sebesar 1,8%. Sedangkan dengan pengujian dengan hasil baling-baling jenis bahan bilah akrilik tanpa beban pada Prototype PLTB didapatkan hasil dari pengujian hembusan kecepatan angin yang sama yaitu 4,3 m/s. bilah jenis bahan akrilik berputar dengan kecepatan 45 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 13 Volt, Arus sebesar 1,54, daya sebesar 20 Watt dan nilai efisiensi sebesar 11%. Kemudian untuk pengujian Prototype PLTB jenis bahan akrilik menggunakan beban lampu 5 watt dengan hembusan kecepatan angin yang masih sama sebesar 4,3 m/s. baling-baling bilah jenis bahan akrilik berputar 45 Rpm, generator AC berputar sehingga mengeluarkan tegangan sebesar 13 Volt, Arus 0,4

Ampere, daya sebesar 5 watt dan nilai efisiensi sebesar 2,4 %.

2. Maka untuk mempertimbangkan ataupun dibandingkan dari menggunakan jenis bahan pada baling-baling jenis bahan bilah seng dan akrilik pada Prototype PLTB tingkat yang lebih efisiensi dari penggunaan jenis bahan bilah yaitu baling-baling pada Prototype PLTB menggunakan jenis bahan bilah akrilik karena baling-baling bilah lebih konstan berputar, kecepatan putaran baling-baling bilah akrilik lebih kencang dari bilah jenis bahan seng. Dan juga juga tingkat nilai efisiennya yang lebih besar menggunakan jenis bahan bilah akrilik yaitu mencapai 11 % dan 2,4 % sedangkan nilai efisiensi menggunakan jenis bahan bilah seng lebih kecil dari jenis bahan bilah akrilik yaitu nilai efisiensi jenis bahan seng mencapai 10% dan 1,8%.

3.6 Saran

Setelah dilakukan proses prototype pembangkit listrik tenaga bayu dengan mempertimbangkan jenis bahan bilah, adapun saran yang harus di berikan sebagai berikut :

1. Perlu pengembangan dengan menggunakan jenis tipe Protoype PLTB yang berbeda untuk para penulis dan penelitian selanjutnya agar dapat mengetahui perbandingan dengan jenis tipe Prototype PLTB yang digunakan.
2. Perlu pengembangan dengan menambahkan sudu baling-baling Prototype PLTB untuk mengetahui tingkat perbandingan kecepatan putaran baling – baling pada Prototype PLTB.

DAFTAR PUSTAKA

- Alnavis, N. B., Wirawan, R. R., Solihah, K. I., & Nugroho, V. H. (2024). *Energi listrik berkelanjutan : Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia*. 1(2), 119–139.
- Asy, H., & Ardiyatmoko, A. (2020). Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (Pltb). *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 2020(Snati)*, 15–16.
- Hawt, T., Daerah, U., Selatan, P., Sayogo, A., Caroko, N., Eng, M., Mesin, J. T., Teknik, F., Yogyakarta, U. M., Lingkar, J., Tamantirto, S., & Yogyakarta, D. I. (2014). *Mulai Studi Pustaka Menentukan jenis blade Desain blade Hasil desain Proses manufacture Kincir dapat bekerja ? Kesimpulan*. 1–5.
- Huda, M. N., & Kurniawan, I. H. (2023). *Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Di Daerah Widuri Kabupaten Pemalang Menggunakan Perangkat Lunak Homer Hybrid Power Generation System Design (Wind Power And Solar Power) In The Widuri Area Pemalang D*. 5(1).
- Indriani, A., Manurung, G., & Daratha, N. (2020). *Perancangan Turbin Sumbu Horizontal dan Sumbu Vertikal untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Studi Kasus di Kota Bengkulu)*. 9(2), 2–7.
- Maulana, E., & Djatmiko, E. (2021). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin Angin Savonius Tipe-U untuk Kapasitas 100 W The Design of Wind Power Plant with a U-Type Savonius Turbine*. 3, 183–190.
- Maulana, R. P. (2022). *ANALISIS RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (ENERGI SURYA DAN TURBIN ANGIN)*. 06(01).
- Pangestu, A., Sunardi, A., Hardiyanti, A. N., & Gamayel, A. (n.d.). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Sebagai Sumber Energi Alternatif Kapasitas 800 Watt*. 12(3), 161–167.
- Putra, M., Kananda, K., Muhtar, A., & Pd, S. (2019). *Sistem Pembangkitan PLTB*

Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius 3 Sudu. xx(xx), 1–7.
<https://doi.org/10.35472/x0xx0000>

Rifai, T., Gun, G., Gunadi, R., & Ridwan, E. (2021). *Jurnal Mekanik Terapan Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) Mikro Turbin Savonius pada Jalan Tol Jatiasih*. 02(02), 82–88.

Sidqi, M. D., Teknik, J., Politeknik, E., Lhokseumawe, N., Listrik, P., Pendahuluan, I., & Generator, B. (2022). *Rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin sumbu horizontal menggunakan pipa pvc*. 06(01).

Sudirman, S., Kurnisti, S. A., & Arifin, M. I. A. (2020). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Menggunakan Turbin Savonius. *Jurnal Media Elektro*, 9(1), 29–36.

Watt, B., & Bilah, M. (2022). *Tugas akhir*.

Wicaksono, D. H., & Apriaskar, E. (2023). *Monitoring Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Internet of Things*. 14(02), 118–123.
<https://doi.org/10.22441/jte.2023.v14i2.010>