

RANCANG BANGUN DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB)

SKALA KECIL

(Studi Kasus Tambak Udang Kuala Sungai Pasir)

(Skripsi)

Oleh

IRFAN

2165031002



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2025

ABSTRAK

RANCANG BANGUN DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) SKALA KECIL (STUDI KASUS TAMBAK UDANG KUALA SUNGAI PASIR)

Oleh

IRFAN

Kebutuhan energi di Indonesia terus meningkat, sementara ketergantungan terhadap energi fosil masih tinggi. Hal ini menjadi tantangan dalam mewujudkan target *Net Zero Emission* pada tahun 2060. Di sisi lain, masih banyak daerah terpencil yang belum teraliri listrik PLN, seperti tambak udang di Kuala Sungai Pasir, Kabupaten Ogan Komering Ilir, yang selama ini menggunakan minyak tanah atau mesin diesel untuk penerangan. Padahal, daerah tersebut memiliki potensi angin yang cukup baik, dengan kecepatan angin mencapai 3,96 m/s. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) skala kecil menggunakan turbin angin sumbu horizontal tiga *blade*. Perancangan dilakukan secara matematis berdasarkan daya target 60 *Watt* dan efisiensi turbin (C_p) sebesar 0,4, dengan memanfaatkan *software* pendukung seperti *Wind&Wet*, *QBlade*, dan AutoCAD 2021. *Blade* dirancang dari bahan *PVC Board* dengan panjang jari-jari 0,8 meter, dan sistem transmisi daya dirancang menggunakan *gear* dan rantai sepeda yang terhubung ke generator DC. Energi listrik yang dihasilkan disimpan dalam aki dan dikonversi menggunakan *inverter* untuk beban lampu. Pengujian selama tujuh hari menunjukkan PLTB yang dirancang mampu bekerja dengan baik untuk membantu kebutuhan energi listrik skala kecil. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi alternatif penerangan yang ramah lingkungan dan ekonomis bagi wilayah pesisir yang belum terjangkau listrik konvensional.

Kata Kunci : energi terbarukan, sumbu *horizontal*, desain PLTB, *QBlade*

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SMALL-SCALE WIND POWER PLANT (PLTB) CASE STUDY: SHRIMP POND AT KUALA SUNGAI PASIR

By

IRFAN

Energy demand in Indonesia continues to rise, while dependence on fossil fuels remains high. This presents a significant challenge in achieving the Net Zero Emissions target by 2060. Moreover, many remote areas are still not connected to the national electricity grid, such as the shrimp pond area in Kuala Sungai Pasir, Ogan Komering Ilir Regency, which currently relies on kerosene or diesel engines for lighting. In fact, the region has considerable wind energy potential, with wind speeds reaching up to 3,96 m/s. This study aims to design and implement a small-scale Wind Power Plant (PLTB) using a three-blade horizontal axis wind turbine. The design was carried out mathematically based on a target power output of 60 Watts and a turbine efficiency (C_p) of 0,4, supported by software tools such as Wind\&Wet, QBlade, and AutoCAD 2021. The blades were constructed from PVC board with a radius of 0,8 meters, and the power transmission system was designed using bicycle gears and chains connected to a DC generator. The generated electricity is stored in a battery and converted via an inverter for lighting loads. A seven-day test demonstrated that the designed PLTB performed well in meeting small-scale energy needs. Therefore, this system can serve as an environmentally friendly and cost-effective alternative lighting solution for coastal areas not yet served by conventional electricity.

Keywords: *renewable energy, horizontal axis, wind power design, QBlade*

**RANCANG BANGUN DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB)
SKALA KECIL
(STUDI KASUS TAMBAK UDANG KUALA SUNGAI PASIR)**

**Oleh
IRFAN**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Program Studi S1 Teknik Elektro

Fakultas Teknik



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

Judul Skripsi

: RANCANG BANGUN DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA BAYU (PLTB) SKALA KECIL (STUDI KASUS
TEMBAK UDANG KUALA SUNGAI PASIR)

Nama Mahasiswa : IRFAN
No. Pokok Mahasiswa : 2165031002
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng.

NIP. 19880624 201903 1 015



Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T., I.P.M.

NIP. 19710813 199903 1 003

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.

NIP. 19710314 199903 2 001



Sumadi, S.T., M.T.

NIP. 19731104 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng.



Sekretaris : Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T., I.P.M.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Eng. Ir. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc., I.P.M.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. 1
NIP. 19750928 200412 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 05 Agustus 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 05 Agustus 2025



Irfan

NPM. 2165031002

RIWAYAT HIDUP



Irfan lahir di Labuhan Maringgai pada tanggal 16 September 2002. Penulis lahir dari pasangan Bapak Ambo Tang dan Ibu Hasna Wati sebagai anak kedua dari dua bersaudara dengan kakak Lina Karlina. Penulis mempunyai riwayat pendidikan di TK Nurul Qomar, SD Negeri 1 Purworejo, MTS Ma'arif 18 RU Pasir Sakti, dan SMA YP UNILA Bandar Lampung hingga lulus pada tahun 2021. Penulis menjadi mahasiswa baru di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2021 diterima melalui jalur Prestasi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (PTN).

Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Penulis aktif dalam organisasi intra kampus, yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO) sebagai Anggota departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri 2023 dan menjadi anggota HIMATRO UNILA divisi Minat dan Bakat pada tahun 2022. Penulis melaksanakan kerja praktik di PLN UPT Tanjung Karang (Persero) pada tahun 2024 dengan judul laporan “Analisis Pengujian Tahanan Kontak Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Penyulang Bedana Gardu Induk Sribawono 20 Kv”.

MOTTO

“Jika kamu benar-benar menginginkan sesuatu, cepat atau lambat pasti kamu akan segera menemukan caranya”

"You can change what you do, but you can't change what you want."

– Thomas Shelby

SANWACANA

Puji Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat, Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dan kemudahan untuk menjalankan perkuliahan, penelitian, dan penulisan naskah skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Desain Pembangkit Listik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Kecil (Studi Kasus Tambak Udang Kuala Sungai Pasir)”** hingga selesai.

Selama proses menyelesaikan skripsi ini, penulis menyakini banyak mendapatkan bimbingan, masukan, bantuan, dukungan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan telah memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi.
5. Bapak Zulmiftah Huda, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing Utama tugas akhir, yang bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta selalu memberi bantuan, dukungan, motivasi yang tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih bapak, atas arahan dan nasihat yang selalu diberikan selama perkuliahan dan proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T., I.P.M. selaku Pembimbing Pendamping tugas akhir, yang bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta selalu memberi bantuan, dukungan, motivasi yang tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih bapak, atas arahan dan nasihat yang selalu diberikan selama perkuliahan dan

proses penyusunan skripsi ini.

7. Bapak Dr. Eng. Ir. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc., I.P.M. selaku Penguji Utama tugas akhir yang bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta selalu memberi bantuan, dukungan motivasi yang tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih bapak, atas Saran dan kritik yang Bapak sampaikan sangat bermanfaat dalam menyempurnakan skripsi ini.
8. Bapak Aryanto, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
9. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
10. Kedua orang tua yang tercinta dan tersayang, Bapak Ambo Tang dan Ibu Hasna Wati, Terima Kasih atas segala cinta dan kasih sayangnya, yang selalu memberikan doa-doa terbaik, memberikan dukungan, semangat, nasihat, arahan dan motivasi. Bapak dan Ibu adalah alasan utama penulis untuk tidak pernah menyerah dalam menjalani kesulitan kuliah sampai penyusunan tugas akhir.
11. Saudara kandung saya Lina Karlina atas segala bentuk doa, dukungan, semangat, motivasi, hiburan selama dalam menjalani kuliah dan proses penyusunan tugas akhir.
12. Destalia Yunita Putri, Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dari hati yang tulus kepada Destalia telah menjadi sumber semangat, dukungan, dan ketenangan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kesabaranmu dalam menghadapi segala keluh kesah, atas doa yang tak henti-hentinya, serta atas kehadiranmu yang selalu memberikan kekuatan di saat saya merasa lelah dan hampir menyerah. Kehadiranmu adalah anugerah yang tak ternilai dalam perjalanan ini.
13. Keluarga Besar Aamanniah, Aryo Andika, Abdurrahman Rafif, Agung Pangestu, Made Yudha Winata, Michelle Yosefin, Nabila Minerva, Noeradham, Hans Dapin dan Agung Tias. Ucapan terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada teman-teman seperjuangan, yang tak hanya menjadi rekan belajar, tetapi juga telah

menjadi keluarga kedua selama menempuh pendidikan ini. Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, saling menyemangati di saat lelah, serta dukungan yang tak ternilai selama masa-masa sulit. Kalian bukan hanya teman dalam ruang kelas, tetapi juga teman dalam perjalanan hidup yang penuh warna. Semoga kebersamaan ini tetap terjaga, dan apa yang telah kita perjuangkan bersama menjadi bekal terbaik untuk masa depan. Terima kasih, sahabat-sahabatku, atas semua kenangan yang tidak akan pernah saya lupakan.

14. Keluarga Anker 21 yaitu Haqqu, Dimas, Aghas, Mahesa, Jentrio, Ican, Ojan, Agra, Wayan, Rahmad, Ozi, Kadapi, Tegar, Bimo, Yozi, Azra, Rizki Febrian, Hazel, Sandi, Faris, Iqbal, Hud, Abi, dan Ridho yang telah memberikan banyak cerita, dukungan, motivasi, dan momen-momen lucu yang tak akan terulang di dalam hidup penulis.
15. Kosan Wahyudi yaitu Wahyudi, Dimas, Jentrio dan Ican, yang telah memberikan banyak motivasi, saran, dan hiburan nonton bola disaat suntuk.
16. Keluarga Burger King Raden Intan yaitu Dimas, Ican, Jentrio, Mahesa, dan Agra, telah menemani dan tempat berdiskusi penulis dalam proses menjalani kuliah dan penulisan tugas akhir.
17. Keluarga Gym Fitlife, yang telah memberikan banyak pelajaran, motivasi, nilai-nilai sosial, pertolongan, canda tawa dan bantuan dalam berbagai hal.
18. Keluarga Anak Buah Rudi Raket, telah memberikan doa, dukungan, serta motivasi untuk penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
19. Keluarga besar Angkatan 2021, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.

Keluarga besar HIMATRO dan EXCALTO UNILA, yang memberikan banyak cerita dan telah menjadikan wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	II
ABSTRACT	III
DAFTAR ISI	XIII
DAFTAR GAMBAR	XVI
DAFTAR TABEL	XIX
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	3
1.3 RUMUSAN MASALAH	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN	4
1.6 HIPOTESIS PENELITIAN	4
1.7 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB)	8
2.2.1 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Kecil	8
2.2.1.1 Turbin Angin	8
2.2.1.2 Generator DC	14
2.2.1.2 Gear	15
2.2.1.3 Rantai Sepeda	16
2.2.1.4 Hub Sepeda	17
2.2.1.5 Plat Besi	17
2.2.1.6 Bearing	18
2.2.1.7 Box Panel	18
2.2.1.9 Solar Charge Controller	19
2.2.1.10 Inverter	19
2.2.1.11 MCB (Miniature Circuit Breaker)	20
2.2.1.12 Baterai (Accu)	21
2.2.1.13 Ekor	21
2.2.1.14 Tiang	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23

3.1 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	23
3.2 ALAT DAN BAHAN	24
3.3 METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.4 DIAGRAM PELAKSANAAN PENELITIAN	29
3.5 PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) SKALA KECIL	30
3.5.1 Dasar Pemilihan Jenis Turbin Angin	30
3.5.2 Penentuan Blade Turbin Angin.....	31
3.5.2.1 Penentuan Ukuran Blade Turbin Angin	31
3.5.2.2 Penentuan Bahan Blade Turbin Angin	32
3.5.2.3 Penentuan Jumlah Blade Turbin Angin.....	32
3.5.3 Perancangan Blade.....	34
3.5.4 Perancangan Komponen Hubung Blade ke Generator	37
3.5.5 Perancangan Panel Box	39
3.5.6 Perancangan Ekor Turbin Angin.....	39
3.5.7 Perancangan Tiang Penyangga	40
3.6 DIAGRAM ALIR SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) SKALA KECIL	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 HASIL PERANCANGAN ALAT.....	43
4.1.1 Hasil Perancangan Blade	43
4.1.2 Hasil Perancangan Panel Box.....	48
4.1.3 Hasil Perancangan Ekor.....	48
4.1.4 Hasil Perancangan Tiang Turbin Angin.....	49
4.2 HASIL PENGUJIAN.....	50
4.2.1 Pengujian Kecepatan Angin.....	50
4.2.1.1 Pengujian Turbin Angin Hari Pertama	52
4.2.1.2 Pengujian Turbin Angin Hari Kedua.....	56
4.2.1.3 Pengujian Turbin Angin Hari Ketiga	60
4.2.1.4 Pengujian Turbin Angin Hari Keempat.....	64
4.2.1.5 Pengujian Turbin Angin Hari Kelima	68
4.2.1.6 Pengujian Turbin Angin Hari Keenam	72
4.2.1.7 Pengujian Turbin Angin Hari Ketujuh	76
4.3 PERHITUNGAN DAYA TURBIN	80
4.3.1 Perbandingan Simulasi	81
4.3.1.1 Bulan Juli 2024	81
4.3.1.2 Bulan Agustus 2024	83
4.3.1.3 Bulan September 2024	85
4.3.1.4 Bulan Oktober 2024	87
4.3.1.5 Bulan November 2024	89
4.3.1.6 Bulan Desember 2024.....	91
4.3.1.7 Bulan Januari 2025.....	93

4.3.1.8 Bulan Februari 2025.....	95
4.3.1.9 Bulan Maret 2025.....	97
4.3.1.10 Bulan April 2025.....	99
4.3.1.11 Bulan Mei 2025.....	101
4.3.1.12 Bulan Juni 2025.....	103
4.3.2 Hasil Simulasi.....	105
4.3.2.1 Angin Rata – Rata Terendah.....	105
4.3.2.2 Rata Rata Angin Tertinggi.....	107
4.3.2.3 Rata – rata Angin Terendah dan Tertinggi.....	109
BAB V PENUTUP	110
5.1 KESIMPULAN	110
5.2 SARAN	110
DAFTAR PUSTAKA	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis jenis turbin angin vertical	9
Gambar 2. 2 Turbin Angin Sumbu Horizontal.....	10
Gambar 2. 3 Jenis Turbin Angin Tipe Upwind Turbine dan Downwind Turbine.....	11
Gambar 2. 4 Jenis Turbin Angin Berdasarkan Jumlah Blade.....	12
Gambar 2. 5 Jenis – jenis Blade	12
Gambar 2. 6 Bagian – Bagian Blade	13
Gambar 2. 7 Generator DC	15
Gambar 2. 8 Gear.....	16
Gambar 2. 9 Rantai Sepeda	16
Gambar 2. 10 Hub.....	17
Gambar 2. 11 Plat Besi.....	18
Gambar 2. 12 Bearing	18
Gambar 2. 13 Box Panel	19
Gambar 2. 14 Solar Charge Controller (SCC).....	19
Gambar 2. 15 Inverter	20
Gambar 2. 16 MCB (Miniature Circuit Breaker)	20
Gambar 2. 17 Baterai (Accu)	21
Gambar 2. 18 Ekor	21
Gambar 2. 19 Tiang.....	22
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Tambak Udang Kuala Sungai Pasir	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir.	29
Gambar 3. 3 Kelas Angin	30
Gambar 3. 4 Menu Pada Website Wind&Wet.....	34
Gambar 3. 5 Input Parameter Pada Wind&Wet	35
Gambar 3. 6 Karakteristik Kecepatan Angin Terhadap Daya	35
Gambar 3. 7 Ukuran Blade.....	35
Gambar 3. 8 Desain Blade di AutoCAD 2021	36
Gambar 3. 9 Plat Hubung.....	37
Gambar 3. 10 Gear	37
Gambar 3. 11 Rantai dan Bearing	38
Gambar 3. 12 Desain Komponen Hubung Blade ke Generator	38
Gambar 3. 13 Desain Panel Box	39
Gambar 3. 14 Desain Ekor Turbin.....	40
Gambar 3. 15 Desain Tiang Penyangga	40
Gambar 3. 16 Diagram Alir Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Kecil ...	41
Gambar 4. 1 Blade Kalulator di Software QBlade	43
Gambar 4. 2 Desain Blade	44
Gambar 4. 3 Visualisasi Lengkap Blade.....	44
Gambar 4. 4 Hasil Perancangan Blade Turbin Angin	45
Gambar 4. 5 Plat Besi	46
Gambar 4. 6 Hub Penghubung	46
Gambar 4. 7 Gear	46

Gambar 4. 8 Bearing di Besi Penghubung	47
Gambar 4. 9 Hasil Perancangan Turbin Angin	47
Gambar 4. 10 Hasil Perancangan Panel Box	48
Gambar 4. 11 Hasil Perancangan Ekor.....	48
Gambar 4. 12 Hasil Perancangan Tiang Turbin Angin	49
Gambar 4. 13 Profil Kecepatan Angin Satu Minggu	51
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Waktu dan Kecepatan Angin	53
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Putaran.....	53
Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Tegangan	54
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	54
Gambar 4. 18 WindRose Plot Hari Pertama	55
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Waktu dan Kecepatan Angin	57
Gambar 4. 20 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Putar	57
Gambar 4. 21 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Tegangan	58
Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	58
Gambar 4. 23 WindRose Plot Hari Kedua.....	59
Gambar 4. 24 Grafik Hubungan Waktu dan Kecepatan Angin	61
Gambar 4. 25 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Putaran.....	61
Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Tegangan	62
Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	62
Gambar 4. 28 WindRose Plot Hari Ketiga	63
Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Waktu dan Kecepatan Angin	65
Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Putaran.....	65
Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Tegangan	66
Gambar 4. 32 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	66
Gambar 4. 33 WindRose Plot Hari Keempat.....	67
Gambar 4. 34 Grafik Hubungan Waktu dan Kecepatan Angin	69
Gambar 4. 35 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Putaran.....	69
Gambar 4. 36 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Tegangan	70
Gambar 4. 37 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	70
Gambar 4. 38 WindRose Plot Hari Kelima	71
Gambar 4. 39 Grafik Hubungan Waktu dan Kecepatan Angin	73
Gambar 4. 40 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Putaran.....	73
Gambar 4. 41 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Tegangan	74
Gambar 4. 42 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	74
Gambar 4. 43 WindRose Plot Hari Keenam	75
Gambar 4. 44 Grafik Hubungan Waktu dan Kecepatan Angin	77
Gambar 4. 45 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Putaran.....	77
Gambar 4. 46 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Tegangan	78
Gambar 4. 47 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	78
Gambar 4. 48 WindRose Plot Hari Ketujuh	79
Gambar 4. 49 Windrose Plot Bulan Juli 2024	82
Gambar 4. 50 Windrose Plot Bulan Agustus 2024	84
Gambar 4. 51 Windrose Plot Bulan September 2024	86
Gambar 4. 52 Windrose Plot Bulan Oktober 2024	88

Gambar 4. 53 Windrose Plot Bulan November 2024	90
Gambar 4. 54 Windrose Plot Bulan Desember 2024	92
Gambar 4. 55 Windrose Plot Bulan Januari 2025.....	94
Gambar 4. 56 Windrose Plot Bulan Februari 2025.....	96
Gambar 4. 57 Windrose Plot Bulan Maret 2025.....	98
Gambar 4. 58 Windrose Plot Bulan April 2025	100
Gambar 4. 59 Windrose Plot Bulan Mei 2025.....	102
Gambar 4. 60 Windrose Plot Bulan Juni 2025	104
Gambar 4. 61 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	105
Gambar 4. 62 Grafik Hubungan TSR dan C_p	105
Gambar 4. 63 Grafik Hubungan TSR dan C_t	106
Gambar 4. 64 Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Daya	107
Gambar 4. 65 Grafik Hubungan TSR dan C_p	107
Gambar 4. 66 Grafik Hubungan TSR dan C_t	108
Gambar 4. 67 Desain Blade.....	108
Gambar 4. 68 Rata – rata Angin Terendah dan Tertinggi.....	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan sumbu horizontal dan vertikal	14
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	23
Tabel 3. 2 Alat yang digunakan dalam perancangan.....	24
Tabel 3. 3 Bahan yang digunakan dalam perancangan	25
Tabel 4 1 Parameter yang Digunakan Untuk Pembuatan Blade	44
Tabel 4 2 Data Kecepatan Angin Periode Satu Minggu.....	50
Tabel 4 3 Data tegangan output turbin angin hari pertama	52
Tabel 4 4 Data tegangan output turbin angin hari kedua	56
Tabel 4 5 Data tegangan output turbin angin hari ketiga	60
Tabel 4 6 Data tegangan output turbin angin hari keempat	64
Tabel 4 7 Data tegangan output turbin angin hari kelima	68
Tabel 4 8 Data tegangan output turbin angin hari keenam.....	72
Tabel 4 9 Data tegangan output turbin angin hari ketujuh	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan hal yang sangat penting baik untuk negara maju maupun negara berkembang. Kebutuhan akan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan pola konsumsi energi itu sendiri. Di Indonesia pemanfaatan energi sebanyak 82% bersumber dari energi fosil atau minyak bumi. Hal tersebut tidak sesuai dengan target emisi karbon Indonesia yaitu mencapai *Net Zero Emissions* (NZE) pada tahun 2060 atau lebih cepat. Diperlukan upaya-upaya untuk mencapai target emisi karbon Indonesia tersebut yaitu dengan mengganti pemanfaatan energi fosil atau minyak bumi ke energi baru terbarukan. Energi baru terbarukan didefinisikan sebagai energi yang dapat diperbarui dan tidak menimbulkan emisi karbon serta mudah ditemukan seperti energi air, angin, matahari, dan gelombang laut[1].

Energi angin adalah salah satu sumber alternatif terbarukan yang bersih dan tidak mencemari lingkungan. Kecepatan angin rata – rata di Indonesia sekitar 2 – 7 m/s sehingga Indonesia memiliki potensi energi angin yang potensial dikembangkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dengan mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. PLTB memiliki efisiensi kerja yang baik dan dapat dimanfaatkan dalam skala kecil. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Target kapasitas PLTB pada tahun 2025 yakni

255 MW. Sementara hingga tahun 2020 PLTB baru terpasang sekitar 135 MW dengan perincian 75 MW di daerah Sidrap dan sebesar 60 MW di daerah Janeponto [2].

Penerangan gubuk atau rumah singgah petani udang di daerah tambak udang Kuala Sungai Pasir menggunakan lampu berbahan bakar minyak tanah sebagai penerangannya. Akan tetapi semakin lama harga minyak tanah semakin mahal dan sulit untuk ditemukan sehingga mulai beralih menggunakan mesin *diesel*. Namun banyak petani tambak yang mengeluh sulitnya membawa bahan bakar tersebut ke lokasi gubuk. Sedangkan potensi angin di daerah tambak udang kuala Sungai pasir cukup potensial yaitu sebesar 4 - 7 m/s. Hal tersebut dapat dimanfaatkan untuk menerapkan pembangkit listrik tenaga bayu sumbu *horizontal* dengan merubah energi angin menjadi energi mekanik melalui turbin angin agar dapat dimanfaatkan sebagai alternatif penerangan gubuk atau rumah singgah petani udang. Dengan desain PLTB sumbu *horizontal* sederhana, diharapkan mampu menghasilkan energi listrik yang dapat membantu menggantikan peran mesin *diesel* untuk penerangan gubuk atau rumah singgah petani tambak udang Kuala Sungai Pasir [3].

Dalam melakukan rancang bangun desain Pembangkit Listrik Tenaga Bayu skala kecil harus memanfaatkan energi angin sebaik mungkin sehingga dapat menghasilkan energi listrik yang optimal dan dapat dimanfaatkan untuk penerangan gubuk (rumah singgah) petani tambak udang Kuala Sungai Pasir. Dengan mendesain setiap komponen pembangkit listrik tenaga bayu dengan persamaan matematis untuk kondisi kecepatan angin di tambak udang Kuala Sungai Pasir.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan membahas mengenai rancang bangun desain pembangkit listrik tenaga bayu skala kecil untuk memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi terbarukan yang potensial di daerah tambak udang Kuala Sungai Pasir.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang desain PLTB skala kecil dengan mengetahui potensi angin yang dihasilkan di daerah tambak udang Kuala Sungai Pasir.
2. Mengimplementasikan desain tersebut menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu skala kecil yang dapat dimanfaatkan untuk membantu penerangan gubuk petani tambak udang.
3. Mengetahui potensi sistem PLTB Skala Kecil bisa digunakan sebagai sumber penerangan di daerah tambak udang Kuala Sungai Pasir.

1.3 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang desain PLTB skala kecil berdasarkan potensi angin di daerah tambak udang Kuala Sungai Pasir?
2. Bagaimana cara memanfaatkan energi angin untuk membantu penerangan gubuk petani tambak udang?
3. Bagaimana besaran *output* yang dihasilkan dari PLTB skala kecil menggunakan desain yang telah dibuat?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya mendesain dan mengimplementasikan desain Pembangkit Listrik Tenaga Bayu skala kecil sumbu *horizontal* dan tidak melakukan monitoring lebih lanjut baik itu arus, tegangan, dan daya keluaran secara berkala.

2. Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Bayu skala kecil dilakukan selama 7 hari untuk mengumpulkan data besaran *output* yang dihasilkan PLTB terhadap kecepatan (m/s) angin.

1.5 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan mampu memberikan pemahaman mengenai pembangkit listrik tenaga bayu berskala kecil yang membantu permasalahan petani tambak udang Kuala Sungai Pasir yang mengalami kendala dalam penerangan gubuk atau rumah singgah petani tambak udang, yang sebelumnya masih menggunakan energi non-EBT, melalui penelitian ini diharapkan dapat beralih memanfaatkan energi baru terbarukan yaitu energi angin sebagai sumber energi listrik yang tidak mengeluarkan biaya dan ramah lingkungan. Dan memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu kelistrikan terutama mengenai pembangkit listrik tenaga bayu skala kecil menggunakan sumbu *horizontal*.

1.6 Hipotesis Penelitian

Dengan menggunakan desain pembangkit listrik tenaga bayu skala kecil yang dirancang dapat membantu penerangan berkapasitas daya kecil dengan efisiensi yang memadai berdasarkan potensi kecepatan angin di lokasi tambak udang Kuala Sungai Pasir untuk penerangan gubuk petani tambak udang.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memaparkan beberapa teori pendukung yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian yang bersumber dari buku pegangan, jurnal ilmiah maupun artikel di internet.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai waktu dan tempat, alat dan bahan, pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan optimalisasi desain pembangkit listrik tenaga bayu dan bagaimana proses merancang pembangkit listrik tenaga bayu hingga dapat digunakan dan pembahasan seperti tujuan dari penelitian tugas akhir ini dengan memperhatikan batasan masalah penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan Kesimpulan dari hasil pembahasan masalah yang dikaji dalam penelitian tugas akhir dan berisi saran penulis untuk meningkatkan wawasan bagi pembaca sebagai referensi baru dalam memahami topik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Melalui *paper* “Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) Dengan Metode *Perturb and Observe* (P&O)” (Helmi Cahyo Prasetyo, 2018), pada *paper* ini energi angin dijadikan salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan, *permanent magnet synchronous generator* sebagai komponen yang mengubah energi angin menjadi energi listrik. Dengan menggunakan *controller Maximum Power Point Tracker* (MPPT) yang berfungsi sebagai pengoptimalan keluaran daya maksimum dari generator karena kecepatan angin yang berubah-ubah sehingga perlu digunakan *controller* yang dapat memaksimalkannya, dengan metode *pertube and observe* (P&O)[4]. Pengembangan mengenai desain turbin angin dijelaskan pada *paper* “Desain Turbin Angin Untuk Pemanfaatan Energi Angin (Studi Kasus Pada *Grid 3 Nusa* di Pulau Nusa Penida)” (Rizqi Aulia Syihab, 2022), *paper* ini mengambil studi kasus pulau Nusa Penida yang memiliki permasalahan dalam biaya listrik yang sangat tinggi dan kegagalan pada proyek PLTB tahun 2007 yang gagal karena kesalahan perancangan model desainnya, sehingga diperlukan model PLTB yang didapatkan melalui metode pemodelan menggunakan perangkat lunak *QBlade* dan *HOMER* sehingga desain turbin angin lebih presisi dan optimal sebelum diimplementasikan [5]. *Paper* tersebut dikembangkan dalam judul *paper* “*Optimized Design of Multiple Tuned Mass Dampers for Vibration Control Of Offshore Wind Turbines*” (Donagh McNamara, 2024) yang menjelaskan tentang kontrol getaran di turbin untuk dengan studi kasus turbin angin diimplementasikan di lepas Pantai sehingga kecepatan angin sangat tinggi dan diperlukan turbin angin yang memiliki

desain mampu untuk mengoptimalkan kecepatan angin tersebut dan mampu bertahan dengan kondisi lingkungannya [6]. Desain dan faktor penting di turbin angin yang akan dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga bayu dijelaskan melalui implementasi studi kasus pada *paper* “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Untuk Daya Lampu Navigasi” (Muhammad Rauf Abdillah, 2024) pada *paper* dijelaskan bahwa implementasi dari pembangkit listrik tenaga bayu untuk menyuplai lampu navigasi di dunia pelayaran, hal tersebut dikarenakan pada peraturan dunia pelayaran sering terjadi *auxiliary engine* (AE) yang terjadi saat malam hari ketika aliran listrik tidak dapat didistribusikan ke lampu navigasi, sehingga diperlukan sumber energi lain untuk memasok ke lampu navigasi yaitu EBT angin dengan membuat turbin angin 3 sudu *horizontal* dilengkapi dengan sensor arus dan tegangan [7]. Pada *paper* “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Untuk Penerangan Gubuk Di Sawah” (Yoga Mahendra, 2024) *paper* ini memanfaatkan energi angin untuk penerangan gubuk di sawah menggunakan sumbu *vertical* dan menggunakan metode *research and development* (R&D) dengan pengujian dilakukan selama 2 bulan dengan beban daya 40 *watt* selama 12 jam pada gubuk sawah [8].

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu di atas, penulis memutuskan rancang bangun desain pembangkit listrik tenaga bayu menggunakan sumbu *horizontal* dengan latar belakang permasalahan di kehidupan masyarakat khususnya untuk penerangan gubuk petani tambak udang. Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang “Rancang Bangun Desain Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Skala Kecil Dengan Studi Kasus Tambak Udang Kuala Sungai Pasir”. Dimana penelitian ini akan membahas bagaimana merancang desain pembangkit listrik tenaga bayu skala kecil yang dapat memanfaatkan potensi atau kecepatan angin di lokasi penelitian secara maksimal dengan mengembangkan desain setiap komponen PLTB, melalui penelitian ini akan diimplementasikan sebagai penerangan gubuk tambak udang Kuala Sungai Pasir yang mengalami persoalan penerangan dikarenakan belum tersedianya energi listrik dari pemerintah dan sulitnya mendapatkan energi listrik dari energi non-EBT.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Jenis energi yang berasal dari alam dan dapat diperbarui dan terus berkelanjutan dikenal dengan energi baru terbarukan (EBT), energi tersebut apabila dikelola dengan efisien dampaknya sangat luas dan mendukung program *Net Zero Emission* (NZE). Sumber energi ini meliputi panas bumi, angin, bioenergi, tenaga surya, Fenomena pergerakan udara yang timbul karena perbedaan tekanan atmosfer antara daerah tekanan tinggi dan tekanan rendah disebut dengan angin. Angin merupakan salah satu energi yang termasuk kedalam energi baru terbarukan. Daerah yang menerima radiasi matahari lebih banyak cenderung memiliki suhu udara yang lebih tinggi, sehingga tekanan udara di wilayah tersebut cenderung lebih rendah[9]. Radiasi matahari memanaskan permukaan bumi, menyebabkan pemanasan udara di atasnya. Akibatnya, udara dari wilayah tekanan tinggi yang cenderung lebih dingin bergerak ke wilayah tekanan rendah untuk mengisi kekosongan tersebut, menciptakan angin dan sirkulasi atmosfer. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu adalah sistem pembangkit yang terdiri dari satu atau banyak turbin angin yang memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik [8].

2.2.1 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Kecil

2.2.1.1 Turbin Angin

Turbin angin merupakan alat konversi energi angin menjadi energi mekanik. Energi kinetik angin dapat dirumuskan sebagai berikut[9],

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2.1)$$

dimana pada persamaan tersebut terdapat massa udara dengan persamaan sebagai berikut,

$$m = \rho A v \quad (2.2)$$

Untuk memperoleh daya efektif turbin angin yang dihasilkan dari suatu turbin dapat menggunakan persamaan sebagai berikut[9],

$$P = \frac{1}{2} \rho \times A \times v^3 \times C_p \quad (2.3)$$

dimana,

P = Daya energi angin atau daya turbin(Watt)

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

A = Luas penampang (m^2) dengan $A = \pi r^2$

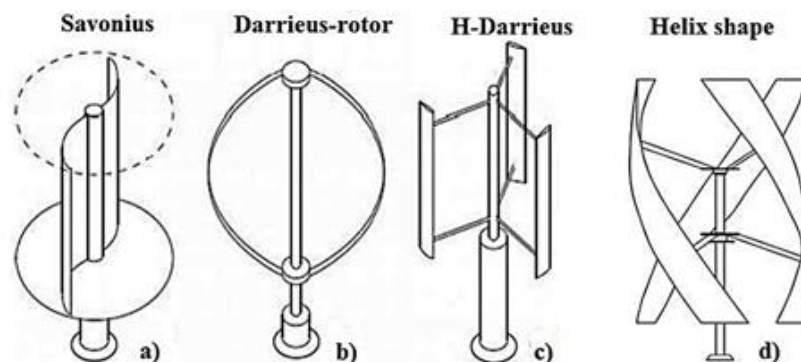
v = Kecepatan angin (m/s)

C_p = Koefisien kinerja turbin angin

Turbin angin biasanya terdiri dari serangkaian *blade* yang dipasang pada rotor dan dihubungkan dengan poros. Ketika angin bertiup, *blade* tersebut berputar, dan gerakan rotasi ini digunakan untuk menggerakkan generator atau perangkat lain yang dapat menghasilkan listrik. Turbin angin dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan arah sumbu rotasinya, yaitu turbin angin sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine/VAWT*) dan turbin angin sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine/HAWT*)[10].

a. Turbin Angin Sumbu Vertikal (VAWT)

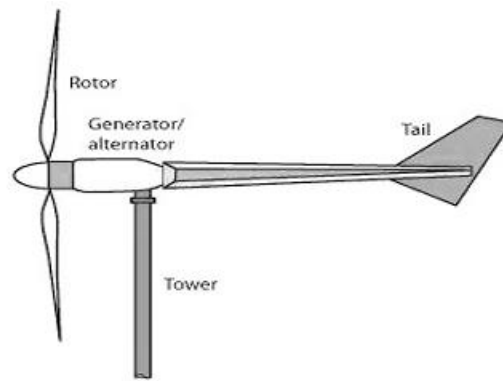
Turbin angin vertikal adalah jenis turbin angin yang memiliki poros rotasi tegak lurus terhadap tanah. Karakteristik utama dari turbin angin vertikal adalah bahwa mereka dapat menangkap angin dari segala arah tanpa harus diarahkan secara khusus ke arah angin. Jenis – jenis turbin angin *vertical* yaitu *savonius*, *darrieus rotor*, *H-darrieus*, dan *helix space*.



Gambar 2. 1 Jenis jenis turbin angin *vertical*

b. Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal adalah jenis turbin angin yang memiliki sumbu putaran sejajar dengan permukaan tanah. Keunggulan utama turbin ini terletak pada efisiensinya yang lebih tinggi dibandingkan dengan turbin sumbu vertikal. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa sudu-sudu turbin selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin. Turbin angin tipe *horizontal* optimal untuk digunakan dalam kondisi laju angin sedang hingga tinggi.

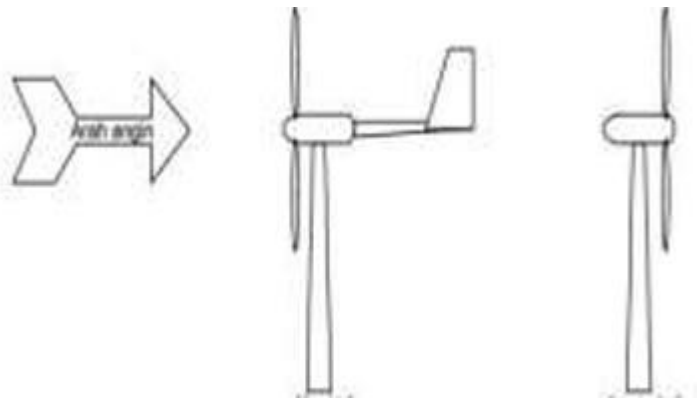


Gambar 2. 2 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Jenis – jenis turbin angin sumbu *horizontal* dibedakan berdasarkan dua yaitu berdasarkan penempatan rotor dan berdasarkan jumlah *blade* yang digunakan:

1. Berdasarkan Penempatan Rotor

- Menghadap arah angin (*Upwind Turbine*)
Tipe turbin ini memiliki letak rotor yang berhadapan dengan arah datangnya angin.
- Membelakangi arah angin (*Downwind Turbine*)
Tipe turbin ini memiliki letak rotor yang membelakangi arah datangnya angin.



Gambar 2. 3 Jenis Turbin Angin Tipe *Upwind Turbine* dan *Downwind Turbine*

2. Berdasarkan Jumlah *Blade*

- Satu *Blade* (*single blade*)

Turbin angin jenis ini memiliki keseimbangan yang kurang baik karena hanya memiliki satu *blade* dan untuk membuat turbin ini berputar dibutuhkan laju angin yang tinggi.

- Dua *Blade* (*double blade*)

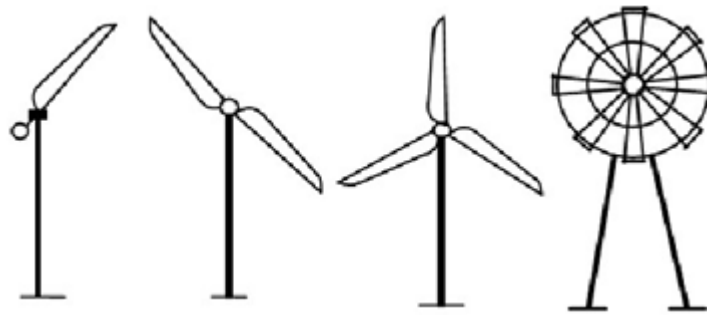
Turbin jenis ini memiliki keseimbangan lebih baik dibandingkan dengan jenis *single blade* namun masih ada kemungkinan keseimbangan turbin jenis ini untuk bergeser.

- Tiga *Blade* (*three blade*)

Turbin angin jenis ini memiliki keseimbangan yang jauh lebih baik dibandingkan jenis sebelumnya, jenis turbin ini juga yang sering kali digunakan untuk pembangkit listrik tenaga bayu, hal tersebut dikarenakan jenis turbin angin ini memiliki kemampuan menangkap angin secara efektif.

- Banyak *Blade* (*multi blade*)

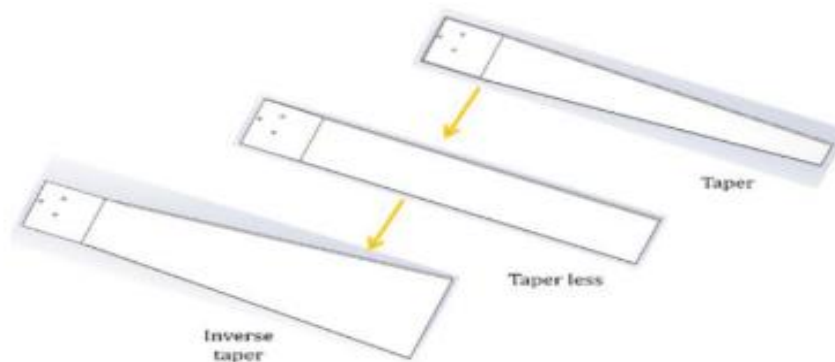
Turbin angin jenis ini memiliki jumlah *blade* yang lebih dari 5 dan beroperasi efektif jika laju anginnnya rendah [3].



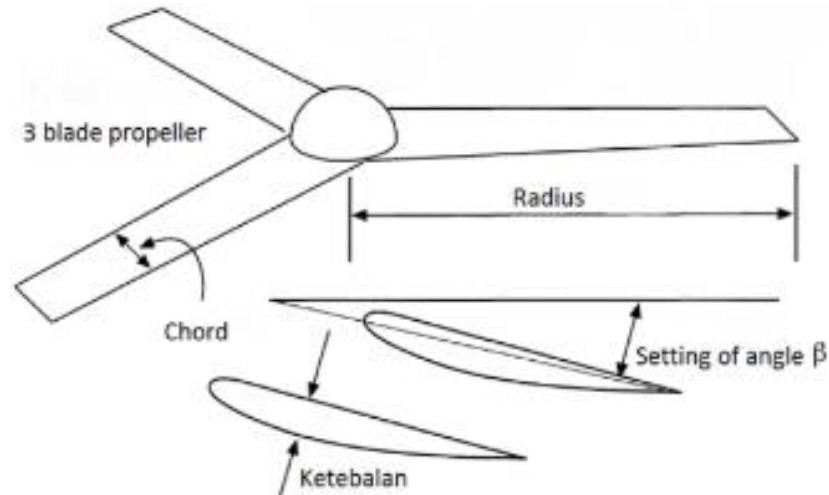
Gambar 2. 4 Jenis Turbin Angin Berdasarkan Jumlah *Blade*

Bilah atau yang dikenal dengan *blade* sendiri merupakan bagian penting dalam suatu sistem turbin angin sebagai komponen yang berinteraksi langsung dengan angin [11]. Berdasarkan desain *blade* mempunyai 3 jenis bentuk yaitu:

- *Taper*, yaitu jenis desain *blade* yang memiliki bentuk mengecil semakin ke ujungnya.
- *Taperless*, yaitu jenis desain *blade* yang memiliki bentuk pangkal dan ujungnya memiliki lebar yang sama.
- *Inverse-taper*, yaitu jenis desain *blade* yang membesar ke ujungnya.



Gambar 2. 5 Jenis – jenis *Blade*



Gambar 2. 6 Bagian – Bagian *Blade*

Untuk merancang turbin angin diperlukan memilih material yang akan digunakan untuk membuat *blade* turbin angin. Berikut beberapa material yang dapat digunakan untuk membuat *blade* turbin angin:

1. *Polyvinyl Chloride (Vynil)*

Polyvinyl Chloride (Vynil) dikenal juga sebagai PVC yaitu material dari bahan plastic yang banyak digunakan karena kelebihanannya yaitu serbaguna, tahan terhadap zat kimia, tahan air, dan materialnya ringan. Selain itu harga bahan ini terjangkau, daya tahan yang lama, elastis dan fleksibel.

2. *Serat Kaca (Fiberglass)*

Bahan ini yang paling sering digunakan dalam pembuatan *blade* turbin angin. Hal tersebut dikarenakan bahan ini memiliki kekuatan tinggi dan tahan terhadap korosi, sehingga cocok untuk digunakan di lingkungan yang penuh dengan elemen-elemen cuaca.

3. *Serat Karbon*

Bahan ini memiliki massa yang ringan dan kuat dan sering digunakan dalam pembuatan *blade* turbin angin. Namun bahan ini lebih mahal dibandingkan serat kaca.

4. Kayu

Beberapa turbin angin kecil atau proyek *DIY* mungkin menggunakan kayu sebagai bahan untuk *blade* turbin. Namun, kayu memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam hal kekuatan dan daya tahan terhadap cuaca.

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan sumbu *horizontal* dan *vertikal*

Horizontal		Vertikal	
Kelebihan	Kekurangan	Kelebihan	Kekurangan
Efisiensi yang handal	Pemasangan turbin cukup rumit	Posisi generator di bawah turbin	Efisiensi rotasi kurang baik
Pergerakan turbin mudah dan mampu berputar saat laju angin rendah	Membutuhkan menara yang cukup tinggi	Perawatan sederhana	Laju angin lebih lambat, sehingga energi yang dihasilkan lebih rendah
Mudah diaplikasikan pada skala besar	Instalasi yang cukup mahal	Instalasi yang murah	Mudah terjadi kerusakan

2.2.1.2 Generator DC

Generator adalah perangkat yang berfungsi untuk mengubah satu jenis energi menjadi jenis energi lainnya, terutama mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip dasar kerja generator dapat dijelaskan dengan konsep Hukum Faraday yaitu ketika penghantar digerakkan dalam suatu medan magnet, maka gaya Gerak listrik induksi akan timbul dari kedua ujung penghantar. Maka ketika kedua ujung penghantar dihubungkan dengan beban seperti lampu maka arus listrik akan mengalir dan menimbulkan daya listrik. Generator DC merupakan alat untuk mengubah energi mekanik ke energi listrik dengan tegangan *output* DC atau arus searah[12].



Gambar 2. 7 Generator DC

Adapun persamaan tegangan yaitu sebagai berikut,

$$V = I \times R \quad (2.4)$$

dimana,

V = Tegangan listrik (*volt*)

I = Arus listrik (*Ampere*)

R = Hambatan (*ohm*)

Sedangkan untuk persamaan daya ialah sebagai berikut,

$$P = V \times I \quad (2.5)$$

dimana,

P = Daya (*watt*)

V = Tegangan (*volt*)

I = Arus (*ampere*)

2.2.1.2 Gear

Biasanya gear terdiri dari serangkaian roda gigi yang dipasangkan dengan presisi dan terhubung dengan poros serta bearing. Fungsi utama gear pada turbin angin adalah ketika poros input berputar, roda gigi di dalam gear akan mentransfer daya ke poros output dengan mengubah rasio kecepatan dan torsi sesuai dengan desain gear tersebut. Rasio gear yang cocok untuk turbin angin dapat bervariasi tergantung pada desain dan

aplikasi spesifiknya. Beberapa rasio gear yang sering ditemui dalam penelitian adalah 1:50, 1:10, dan 1:5 [10].



Gambar 2. 8 Gear

2.2.1.3 Rantai Sepeda

Biasanya rantai sepeda terdiri dari serangkaian tautan logam yang dihubungkan secara presisi dan bergerak melingkar di antara dua buah gear (roda gigi), yaitu gear penggerak dan gear yang digerakkan. Rantai ini dipasang pada sproket yang terhubung dengan poros dari turbin dan generator, serta didukung oleh dukungan yang menjaga ketegangan dan kelurusan jalur rantai. Fungsi utama rantai sepeda dalam sistem turbin angin adalah, ketika poros utama yang terhubung dengan baling-baling berputar karena hembusan angin, gear penggerak akan memutar rantai, dan rantai kemudian mentransfer daya mekanik tersebut ke gear pada poros generator. Rantai memungkinkan terjadinya perpindahan energi mekanik sambil mengubah rasio kecepatan dan torsi, tergantung pada ukuran gear yang digunakan.



Gambar 2. 9 Rantai Sepeda

2.2.1.4 Hub Sepeda

Fungsi utama hub dalam turbin angin adalah sebagai penghubung antara *blade* dengan generator DC, ketika angin bertiup dan mengenai *blade* gaya angin menyebabkan *blade* berputar dan hub kemudian mentransfer putaran tersebut ke poros utama. Hub juga berperan dalam menjaga keselarasan dan keseimbangan *blade*.



Gambar 2. 10 Hub

2.2.1.5 Plat Besi

Fungsi plat besi untuk menyediakan permukaan dasar yang stabil dan rata, yang mampu menahan gaya tekan, gaya putar, dan getaran yang dihasilkan oleh perputaran turbin angin. Plat ini menjadi bagian penting dalam mendistribusikan beban dari komponen di atasnya ke struktur di bawahnya (misalnya rangka menara turbin) karena sebagai pemersatu bagian antar komponen PLTB. Plat besi juga sering digunakan sebagaiudukan poros, bantalan, atau *bracket* untuk mengikat generator dan sistem transmisi (seperti rantai dan gear). Ketebalan dan luas permukaan plat disesuaikan dengan kekuatan struktural yang dibutuhkan, agar tidak mengalami perubahan bentuk selama beroperasi.



Gambar 2. 11 Plat Besi

2.2.1.6 Bearing

Bearing merupakan salah satu komponen penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu karena berfungsi untuk menopang dan mendukung rotasi poros turbin angin. Penggunaan *bearing* yang tepat sangat penting untuk memastikan putaran poros berjalan lancar dengan gesekan minimal, menjaga kestabilan dan keseimbangan mekanis, serta memperpanjang umur komponen turbin dengan mencegah keausan dan kerusakan akibat getaran dan beban yang berlebihan.



Gambar 2. 12 *Bearing*

2.2.1.7 Box Panel

Penggunaan box panel yang tepat sangat penting untuk memastikan perlindungan terhadap komponen listrik dari gangguan seperti hubung singkat atau lonjakan arus, serta memudahkan pengelolaan dan pemeliharaan sistem secara aman dan efisien. Dan

berfungsi untuk menyusun, mengatur, dan melindungi, peralatan listrik seperti MCB, SCC, dan Inverter.



Gambar 2. 13 *Box Panel*

2.2.1.9 *Solar Charge Controller*

Solar Charge controller (SCC) merupakan salah satu perangkat penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) karena berfungsi untuk mengatur pengisian baterai dari energi yang dihasilkan oleh turbin angin. Penggunaan charge controller yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa baterai terisi dengan baik dan aman, serta untuk memperpanjang umur baterai dengan mencegah overcharging dan mengatur arus pengisian sesuai kebutuhan[12].



Gambar 2. 14 *Solar Charge Controller (SCC)*

2.2.1.10 *Inverter*

Inverter adalah suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah tegangan dan arus listrik searah atau DC menjadi arus bolak-balik atau AC. *Inverter* biasanya digunakan dalam berbagai hal termasuk sistem tenaga listrik yang berkaitan dengan

energi baru terbarukan atau biasa disingkat EBT. Fungsi utamanya yaitu sebagai konversi energi dari penyimpanan energi seperti baterai yang memiliki listrik DC menjadi listrik AC agar dapat dipergunakan sesuai dengan keperluan perangkat elektronik yang memerlukan listrik AC. Inverter yang digunakan pada penelitian ini yaitu 12 – 220 Volt.



Gambar 2. 15 *Inverter*

2.2.1.11 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) berfungsi untuk melindungi rangkaian listrik dari arus lebih (*overcurrent*) dan hubung singkat (*short circuit*). Penggunaan MCB yang tepat sangat penting untuk menjaga keamanan sistem kelistrikan dengan secara otomatis memutus aliran listrik saat terjadi gangguan, sehingga mencegah kerusakan pada peralatan dan mengurangi risiko kebakaran.



Gambar 2. 16 *MCB (Miniature Circuit Breaker)*

2.2.1.12 Baterai (*Accu*)

Baterai atau Accumulator (Aki) merupakan unit penyimpanan energi listrik yang digunakan untuk menyimpan dan menyalurkan energi listrik kepada perangkat elektronik. *Accumulator* atau yang sering disebut sebagai aki merupakan suatu sumber arus listrik searah yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Jenis-jenis baterai yang umum digunakan meliputi baterai *alkali*, *lithium-ion*, *nikel-metal hidrida*, dan *cadmium-nickel*, setiap jenis memiliki perbedaan dalam hal kapasitas, durabilitas, dan harga [8].



Gambar 2. 17 Baterai (*Accu*)

2.2.1.13 Ekor

Ekor berfungsi untuk mengarahkan rotor turbin agar selalu menghadap arah angin yang datang. Penggunaan ekor *blade* yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi penangkapan energi angin maksimal, menjaga kestabilan putaran turbin, serta meningkatkan performa dan daya tahan sistem secara keseluruhan.



Gambar 2. 18 Ekor

2.2.1.14 Tiang

Tiang berfungsi untuk menopang turbin angin pada ketinggian tertentu guna mendapatkan hembusan angin yang lebih kuat dan stabil. Penggunaan tiang yang tepat sangat penting untuk memastikan kestabilan struktur, meningkatkan efisiensi penangkapan energi angin, serta menjaga keselamatan dan keandalan sistem secara menyeluruh.



Gambar 2. 19 Tiang

BAB III

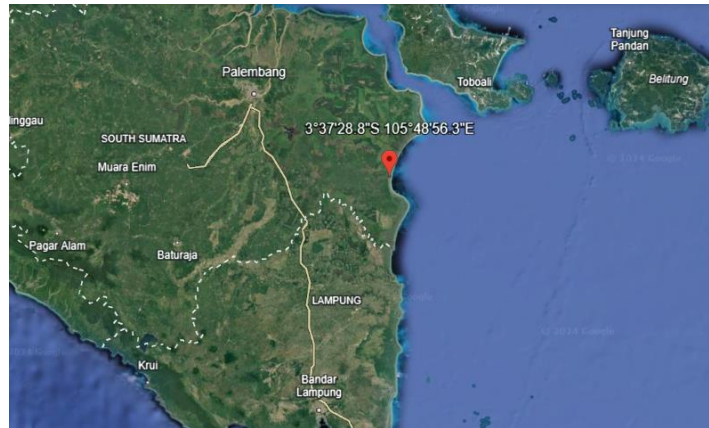
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan sejak bulan November 2024 hingga selesai pada bulan Agustus 2025, bertempat di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik (STL) dan Tambak Udang Kuala Sungai Pasir, Kabupaten Ogan Komering Sumatera Selatan. Adapun jadwal penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

Agenda Kegiatan	Bulan									
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Studi Literatur dan Studi Bimbingan										
Perancangan Desain PLTB										
Persiapan alat dan bahan										
Pengajuan Proposal Penelitian										
Pembuatan PLTB										
Pengambilan Data dan Analisa										
Pengujian PLTB Skala Kecil										
Penyusunan Laporan										
Pengajuan Hasil Penelitian										
Ujian Komprehensif										



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Tambak Udang Kuala Sungai Pasir

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian tugas akhir ini menggunakan satu unit laptop dengan spesifikasi yaitu Processor Intel ® Core i5 11th Gen, RAM 8 GB, system type 64-bit Windows 10, untuk mendukung proses desain pembangkit listrik tenaga bayu digunakan *website* dan *software* pendukung yaitu *Wind&Wet*, *AutoCad2023*. Dalam perancangan, diperlukan beberapa alat dan bahan pendukung yang digunakan. Adapun alat yang digunakan dalam perancangan yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Alat yang digunakan dalam perancangan

No	Nama Alat	Jumlah
1.	Gerinda	1 buah
2.	Mesin Bor	1 buah
3.	Kunci Pas	1 buah
4.	Obeng	1 unit
5.	Multimeter	1 unit

6.	Tang	1 unit
7.	Alat Las	1 unit
8.	<i>Heather</i>	1 unit
9.	Palu	1 unit
10.	Gergaji	1 unit
11.	Tachometer	1 unit
12.	ATK (Penggaris, Pensil)	1 unit
13.	Jangka Sorong	1 unit
14.	Mata Bor Ukuran 0,5 dan 0,6	2 buah

Adapun bahan yang digunakan dalam perancangan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Bahan yang digunakan dalam perancangan

No	Nama Bahan	Jumlah
1.	Generator DC Permanent	1 unit
2.	Inverter 12 – 220 Volt	1 unit
3.	<i>Charge Controller</i> 12 Volt	1 unit
4.	Aki atau <i>Accumulator</i> 12 Volt	1 unit
5.	Pipa PVC 5mm & 10mm	1 Buah
6.	Pipa Besi Diameter 4,5 cm	1 Buah
7.	Gear	1 set
8.	Baut	30 Buah
9.	<i>Bearings</i>	1 Buah
10.	Plat Besi	1 Batang
11.	Mcb DC 20 Ampere	2 Buah
12.	Mcb AC 4 Amepere	1 Buah
13.	Kabel	10 Meter
14.	Lampu 5 watt	1 Buah

15.	Box Panel	1 Unit
16.	Hub Sepeda	1 Unit
17.	Rantai Sepeda	1 Set
18.	Besi Bulat	1 Batang
19	Piting colok	1 Buah

3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mempelajari dan mengumpulkan serta mengkaji literatur yang berkaitan dengan tugas akhir, Literatur bersumber dari buku dan *paper* yang sesuai dengan topik seperti memahami desain-desain yang akan digunakan untuk pembangkit listrik tenaga bayu, memahami metode-metode dan memodelkan komponen-komponen pembangkit listrik tenaga bayu, mempelajari persamaan-persamaan yang digunakan untuk keperluan tugas akhir dan gambaran hasil mengenai persamaan tersebut. Yang terpenting dari semuanya yaitu memahami konsep dari setiap permasalahan yang diangkat di sumber literatur.

2. Studi Bimbingan

Pada tahap ini, penulis melakukan diskusi secara berkala dengan dosen pembimbing untuk menyelesaikan permasalahan yang ditemukan dari studi literatur untuk menyelesaikan desain pembangkit listrik tenaga bayu dimulai dari desain, implementasi desain, hingga mendapatkan gambaran mengenai hasil apakah sesuai dengan teori, sehingga penulis dapat memperoleh pengetahuan lebih dan dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.

3. Perancangan dan Persiapan Alat & Bahan

Pada tahap ini penulis merancang desain pembangkit listrik tenaga bayu dengan memahami persamaan dari sumber literatur yang ada baik dari jurnal maupun buku, dan memperhitungkan kebutuhan alat dan bahan yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga bayu dengan melihat parameter kecepatan angin sebagai parameternya.

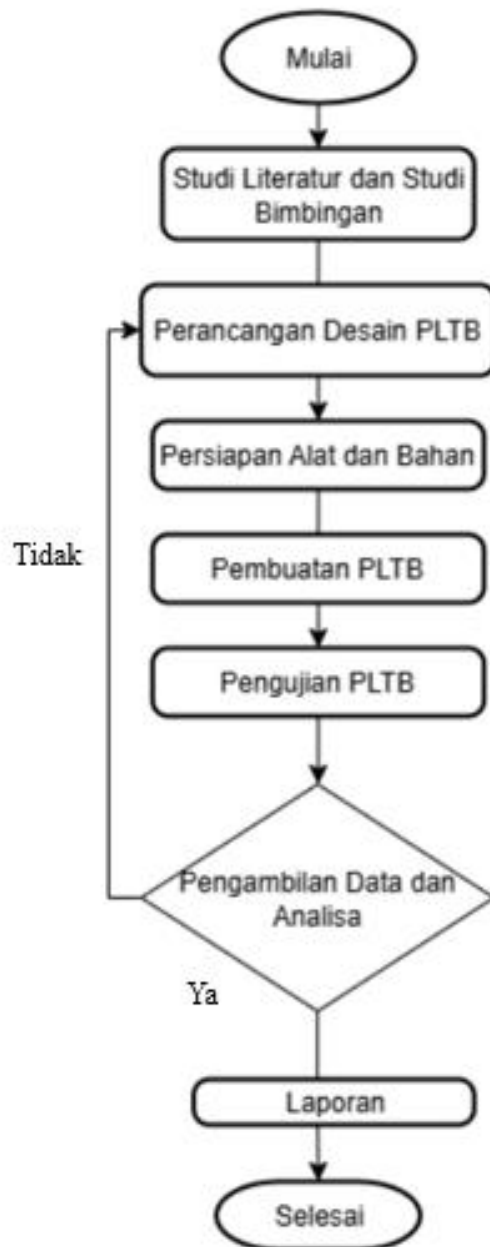
4. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, penulis menjelaskan mengenai rencana penelitian dalam bentuk laporan proposal dan laporan hasil yang dituangkan kedalam sebuah laporan tugas

akhir penelitian atau skripsi. Laporan ini digunakan sebagai bentuk tanggung jawab penulis terhadap syarat kelulusan yang berupa tugas akhir penelitian.

3.4 Diagram Pelaksanaan Penelitian

Pada Gambar 3.2 berikut merupakan tahap-tahap pelaksanaan kegiatan penelitian tugas akhir.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir.

3.5 Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Kecil

3.5.1 Dasar Pemilihan Jenis Turbin Angin

Secara umum, desain dan produksi turbin angin tipe *Horizontal Axis Wind Turbine* lebih banyak dibandingkan dengan turbin angin tipe *Vertical Axis Wind Turbine*. Pemilihan turbin angin *Horizontal Axis Wind Turbine* didasarkan pada hasil studi yang menunjukkan bahwa angin di wilayah Tambak Udang Kuala Sungai Pasir memiliki karakteristik laminar. Karakteristik ini dapat diamati dari pola condong pepohonan ke satu arah. Oleh karena itu, kincir angin *Horizontal Axis Wind Turbine* dianggap lebih cocok untuk diterapkan di Tambak Udang Kuala Sungai Pasir dengan memiliki karakteristik angin laminar dari pada angin turbulen.

No.	Kecepatan angin		Macam angin	Indikator di daratan
	(m/s)	(km/jam)		
1.	0,0 – 0,5	0 – 1	Reda	Tiap asap tegak
2.	0,6 – 1,7	2 – 6	Sepoi-sepoi	Tiang asap miring
3.	1,8 – 3,3	7 – 12	Lemah	Daun bergerak
4.	3,4 – 5,2	13 – 18	Sedang	Ranting bergerak
5.	5,3 – 7,4	19 – 26	Agak keras	Dahan bergerak
6.	7,5 – 9,8	27 – 35	Keras	Batang pohon bergerak
7.	9,9 – 12,4	36 – 44	Sangat keras	Batang pohon besar bergerak
8.	12,5 – 15,2	45 – 54	Ribut	Dahan patah
8.	15,3 – 18,2	55 – 65	Ribut hebat	Pohon kecil patah
9.	18,3 – 21,5	66 – 77	Badai	Pohon besar tumbang
10.	21,6 – 25,1	78 – 90	Badai hebat	Rumah roboh
11.	25,2 – 29,0	91 – 104	Taifun	Benda berat berterbangan
12.	> 29,0	> 105	Taifun hebat	Benda berterbangan sejauh beberapa kilometer

Gambar 3. 3 Kelas Angin

Menurut hasil studi wilayah Tambak Udang Kuala Sungai Pasir, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan, laju angin berkisar 4 – 7 m/s dan berpotensi untuk menghasilkan energi listrik menggunakan turbin angin.

3.5.2 Penentuan *Blade* Turbin Angin

Penentuan *blade* turbin angin memainkan peran kunci dalam kinerja keseluruhan turbin. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan diameter *blade* turbin angin dapat ditentukan dengan daya turbin angin yang diharapkan, kelas angin yang berada pada Kuala Sungai Pasir, Ogan Komering Ilir berkisar pada kelas 4-7 m/s.

3.5.2.1 Penentuan Ukuran *Blade* Turbin Angin

Penentuan ukuran *blade* turbin angin adalah proses yang melibatkan berbagai faktor, termasuk desain *aerodinamis*, efisiensi energi, laju angin, dan kebutuhan listrik. Langkah awal merancang yaitu dengan menentukan daya yang ingin dikeluarkan, data angin, dan koefisien turbin yang akan dirancang[13]. Adapun beberapa persamaan yang digunakan untuk menghitung *blade* adalah menggunakan pers. (2.4) sebagai berikut :

a. Radius *Blade*

$$A = \pi \times r^2 \quad (3.1)$$

Dimana nilai A merupakan luas penampang dengan satuan (m^2), sehingga jika nilai A disubstitusi ke pers. (2.3) menjadi sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho \times \pi \times r^2 \times v^3 \times C_p \quad (3.2)$$

Pada rancang bangun pembangkit listrik tenaga bayu penelitian ini daya yang ingin dikeluarkan sebesar 60 watt, dengan kecepatan angin tertinggi yaitu sebesar 5 m/s serta nilai koefisien turbin sebesar 0,4, dan nilai ρ sebesar $1,225 \text{ kg/m}^3$.

b. Luas *Blade*

$$\text{Luas Blade} = \frac{1}{2} \times (S_1 + S_2) \times t \quad (3.3)$$

dimana,

S_1 = Lebar pangkal *blade*

S_2 = Lebar ujung *blade*

t = Tinggi *blade*

c. Luas Ekor

Pada turbin angin terdapat ekor yang berfungsi sebagai penunjuk arah turbin angin sehingga menghadap arah angin. Oleh sebab itu ukuran ekor perlu disesuaikan dengan luas turbin anginnya.

$$\text{Luas ekor} = \text{Luas Blade} \times \text{Jumlah Blade} \quad (3.4)$$

Berdasarkan persamaan diatas diasumsikan nilai sudut serang 4° dan sudut *offset* sebesar 16° . Persamaan diatas digunakan untuk menghitung ukuran *blade* yang akan dibuat menjadi pembangkit listrik tenaga bayu. Persamaan tersebut dapat dikembangkan menggunakan *software Wind&Wet*.

3.5.2.2 Penentuan Bahan Blade Turbin Angin

Pada penelitian ini, bahan *blade* turbin angin yang digunakan yaitu berbahan *Polyvinyl Chloride (vynil) Board* ukuran 5 mm. Bahan tersebut dipilih berdasarkan evaluasi kelebihan dan kekurangan masing-masing material. Kelebihan *Polyvinyl Chloride (vynil) Board* yaitu mudah untuk dipotong dan dibentuk. Pemilihan bahan *Polyvinyl Chloride (vynil) Board* lebih cocok untuk digunakan dilihat dari ketahanan material, ringan, murah, tahan lama, elastis dan fleksibel [14].

3.5.2.3 Penentuan Jumlah Blade Turbin Angin

Terdapat banyak pilihan jumlah *blade* yang dapat digunakan seperti, turbin angin *single blade*, turbin angin *double blade*, turbin angin *three blade*, dan turbin angin *multi blade*. Pemilihan jumlah *blade* didasarkan pada efesiensi dan kinerjanya. Pada penelitian ini

jumlah *blade* yang dipilih *three blade*, hal tersebut karena jumlah *blade* yang ideal berjumlah 3 buah karena pembagian gaya dan keseimbangannya lebih baik berdasarkan analisa bahwa *three blade* referensi yang diperoleh bahwa *three blade* lebih efisien dengan keseimbangan turbin yang optimal [15].

3.5.3 Perancangan *Blade*

Perancangan bentuk *blade* Pembangkit Listrik Tenaga Bayu menggunakan *software* QBlade, *website* bantu Wind&Wet pada alamat situs www.windandwet.com, AutoCAD 2021, WindRose (WR) Plot untuk melihat grafik hasil perhitungan *blade*. Dengan menggunakan pers. (3.2) menjadi sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \rho \times \pi \times r^2 \times v^3 \times C_p$$

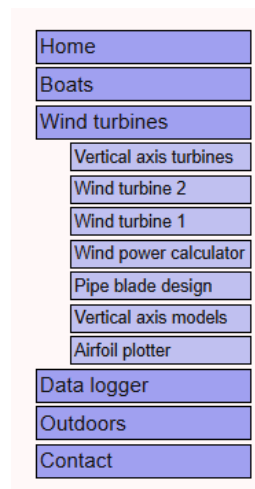
$$60 = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 3,14 \times r^2 \times 5^3 \times 0,4$$

$$r = \sqrt{\frac{60}{\frac{1}{2} \times 1,2 \times 3,14 \times 5^3 \times 0,4}}$$

$$r = 0,8 \text{ meter}$$

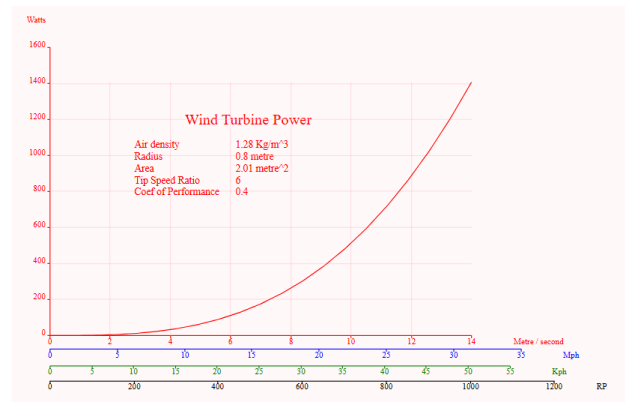
$$r = 80 \text{ centimeter}$$

Langkah selanjutnya yaitu dengan menggunakan nilai jari-jari tersebut pada website wind&wet untuk melihat karakteristik daya turbin terhadap kecepatan angin menggunakan menu *wind turbine power* seperti berikut.



Gambar 3. 4 Menu Pada Website *Wind&Wet*

Blade radius	0.8	Blade radius in metres
Tip speed ratio	6	Used to calculate RPM
Coefficient of performance	0.4	Max value is the Betz limit 0.59 (16/27)
Air density	1.2753	kg/m ³
Calculate		

Gambar 3. 5 Input Parameter Pada *Wind&Wet*

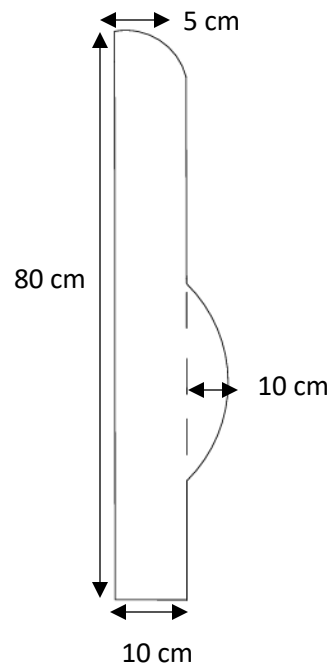
Gambar 3. 6 Karakteristik Kecepatan Angin Terhadap Daya

Pada *website wind&wet* menggunakan parameter yang digunakan sebagai berikut akan didapatkan hasil desain *blade* sebagai berikut:

Blade radius (mm)	800	Blade radius in millimetres
Tube radius (mm)	83	Tube radius in millimetres
Tip speed ratio	6	Ratio of tip speed to wind speed
Angle of attack (degrees)	4	Angle of attack in degrees
Offset (degrees)	16	Offset angle in degrees
Number of blades	3	Used to calculate theoretical chord
Coefficient of lift	0.85	Used to calculate theoretical chord
Stations	20	Number of points in graph
Paper width (mm)	260	Used for printing plan. A4 landscape approx 260mm
Paper height (mm)	180	Used for printing plan. A4 landscape approx 180mm
Calculate		

Gambar 3. 7 Ukuran *Blade*

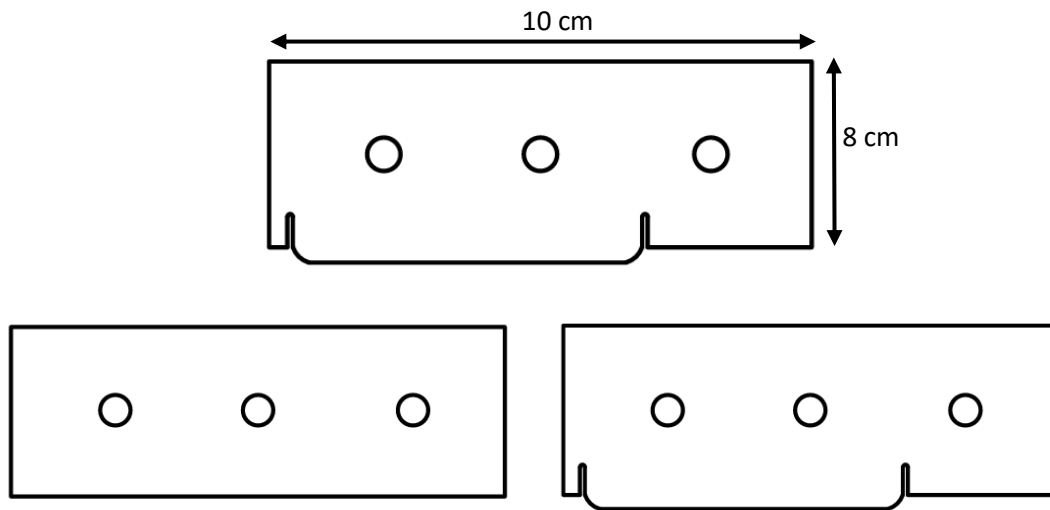
Menggunakan *software AutoCAD* maka desain *blade* menjadi sebagai berikut:



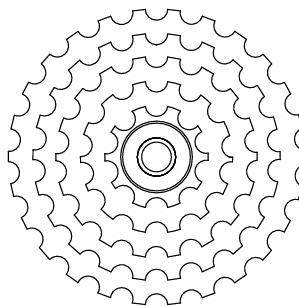
Gambar 3. 8 Desain *Blade* di AutoCAD 2021

3.5.4 Perancangan Komponen Hubung *Blade* ke Generator

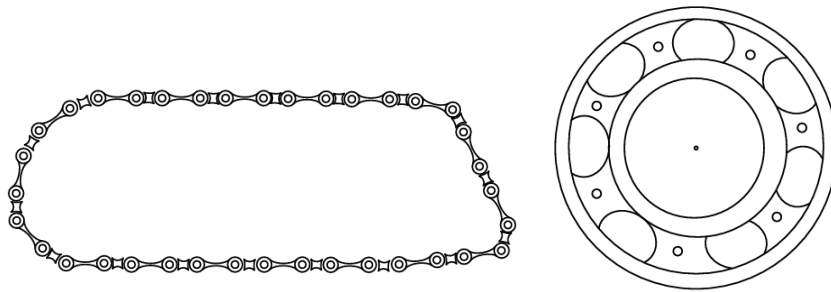
Setelah desain *blade* telah dibuat maka selanjutnya yaitu diperlukan desain komponen hubung *blade* ke generator, dimana komponen hubung terdiri dari hub, *gear*, *plat* besi (untuk hub danudukan generator), rantai sepeda, dan *bearing*. Desain akan digunakan sebagai penyatu *blade* dan generator.



Gambar 3. 9 Plat Hubung

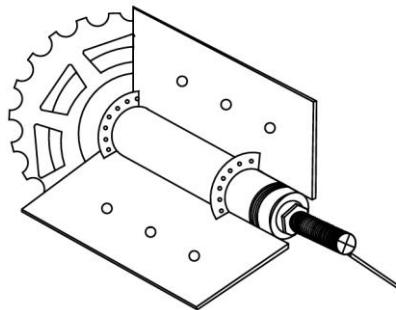


Gambar 3. 10 *Gear*



Gambar 3. 11 Rantai dan *Bearing*

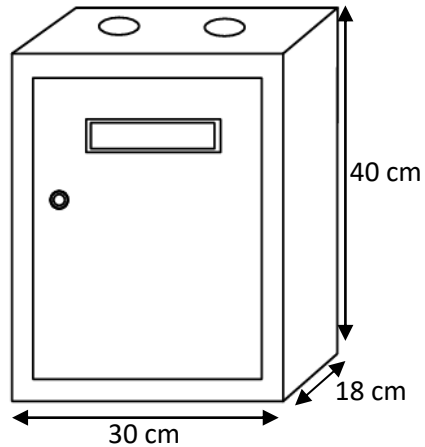
Sehingga jika digabungkan komponen tersebut pada Hub dengan plat besi dan *gear* menjadi seperti berikut.



Gambar 3. 12 Desain Komponen Hubung *Blade* ke Generator

3.5.5 Perancangan *Panel Box*

Panel Box digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *solar charge controller*, *inverter*, *MCB*, dan sensor untuk monitoring. Desain panel box sebagai berikut.



Gambar 3. 13 Desain *Panel Box*

3.5.6 Perancangan Ekor Turbin Angin

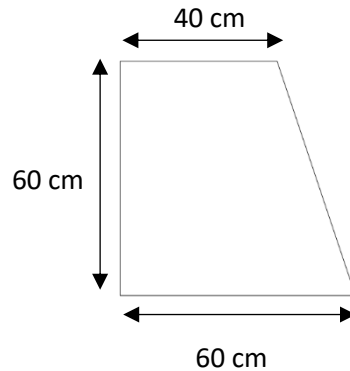
Dalam membuat *desain* ekor Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) menggunakan pers. (3.3) dan pers. (3.4) sehingga menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Luas Blade} &= \frac{1}{2} \times (S_1 + S_2) \times t \\ &= \frac{1}{2} \times (20 + 5) \times 80 \text{ cm} \\ &= 1.000 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Setelah luas *blade* diketahui maka langkah selanjutnya yaitu menghitung luas ekor turbin angin sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Luas ekor} &= \text{Luas blade} \times \text{jumlah blade} \\ &= 1.000 \text{ cm}^2 \times 3 \text{ blade} \\ &= 3.000 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

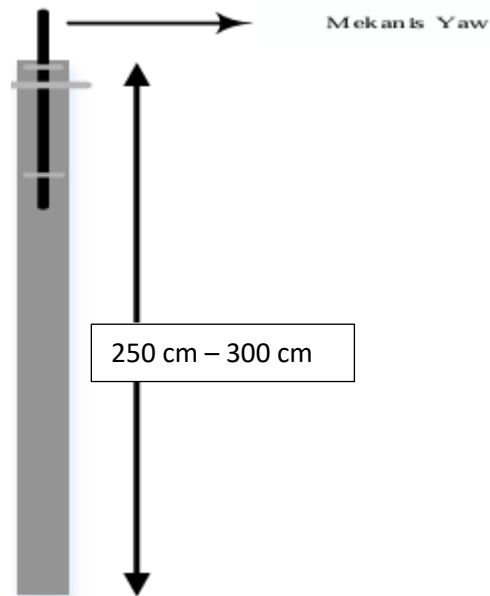
Dari perhitungan tersebut maka desain ekor turbin angin diperkirakan sebagai berikut.



Gambar 3. 14 Desain Ekor Turbin

3.5.7 Perancangan Tiang Penyangga

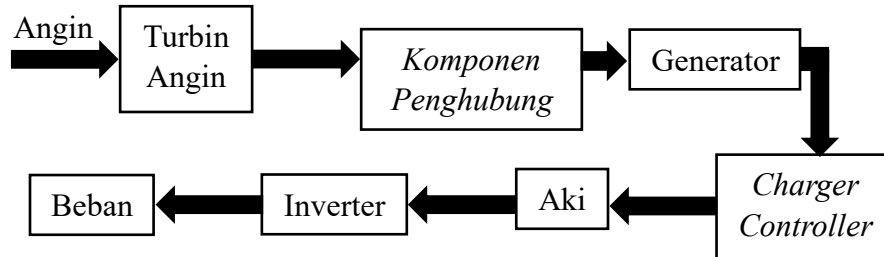
Penentuan tinggi tiang penyangga didasarkan dengan laju kecepatan angin yaitu sebesar 4-7 m/s dengan tinggi berkisar kurang lebih 250 cm – 300 cm, dengan menggunakan bahan kayu karena pertimbangan kualitas dan daya tahan[16].



Gambar 3. 15 Desain Tiang Penyangga

3.6 Diagram Alir Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Kecil

Adapun blok diagram sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. 16 Diagram Alir Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Kecil

1. Energi angin berperan sebagai sumber penggerak dalam sistem. Energi angin menjadi faktor pendorong utama agar dapat menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik dari generator, yang kemudian dialirkan sebagai arus listrik menuju beban. Angin yang digunakan pada pengujian merupakan angin lepas dari laut yang laju anginnya diukur menggunakan anemometer, sehingga dapat mengetahui pengaruh laju angin terhadap *output* generator.
2. Turbin angin yang digunakan pada penelitian adalah turbin angin sumbu *horizontal* dengan jumlah *blade* sebanyak 3 buah.
3. Komponen penghubung yang dipasang pada turbin angin bertujuan untuk menghubungkan generator dengan turbin angin serta sebagai penghubung ekor agar dapat berputar mengikuti arah angin, komponen penghubung terdiri dari *gear*, rantai, hub, plat besi, dan *bearing*.
4. Generator yang digunakan berupa generator DC.
5. *Charger Controller* digunakan untuk mengatur atau mengontrol proses pengisian baterai agar tidak terjadi *overcharging* pada aki atau *accumulator*. *Charger Controller* yang digunakan memiliki kapasitas sebesar 30 A.

6. Aki atau *accumulator* digunakan sebagai tempat penyimpanan energi yang dihasilkan oleh generator. Aki yang digunakan memiliki kapasitas sebesar 12 Volt.
7. Inverter digunakan sebagai alat untuk mengubah tegangan input DC dari aki menjadi tegangan *output* AC agar dapat digunakan oleh beban. Inverter yang digunakan memiliki kapasitas sebesar 12 Volt DC menjadi 220 Volt AC dengan daya sebesar 500 watt.
8. Beban yang digunakan berupa 1 buah lampu dengan daya 5 Watt.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Desain PLTB skala kecil telah berhasil diimplementasikan dengan menggunakan turbin angin sumbu *horizontal* tiga *blade* dengan jari-jari 0,8 meter, daya target sebesar 60 *watt*, dan asumsi kecepatan angin 5 m/s serta efisiensi turbin ($C_p = 0,4$). Namun, hasil pengukuran di lapangan menunjukkan kecepatan angin rata-rata hanya 2,66 m/s dengan kecepatan maksimum mencapai 3,96 m/s, lebih rendah dari asumsi perancangan namun mendukung kebutuhan energi listrik skala kecil.
2. PLTB skala kecil yang telah diimplementasikan mampu menghasilkan tegangan keluaran rata-rata hingga 3,17 *Volt* dan berhasil menyalakan beban lampu 5 *watt*.
3. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem PLTB skala kecil memiliki potensi sebagai Solusi penerangan mandiri yang ramah lingkungan di wilayah terpencil, seperti tambak udang Kuala Sungai Pasir. Hal tersebut berdasarkan analisis *WindRose*, arah dan kecepatan angin menunjukkan pola yang konsisten dan stabil untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi. Namun kinerja sistem belum optimal karena pemilihan rasio *gear* yang kurang tepat.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan penulis untuk penelitian berikutnya yaitu:

1. Perancangan awal sistem PLTB mengasumsikan kecepatan angin sebesar 5 m/s berdasarkan hasil survei pada bulan Desember, sementara data pengukuran menunjukkan kecepatan angin terbesar 3,96 m/s pada bulan Juni. Hal tersebut dikarenakan faktor cuaca yang tidak menentu. Untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi, disarankan agar perencanaan sistem di masa mendatang disarankan

untuk memperhitungkan faktor cuaca dan kondisi musiman yang mempengaruhi kecepatan dan arah angin.

2. Penelitian selanjutnya sebaiknya mencakup pengujian dan monitoring sistem dalam jangka waktu yang lebih panjang untuk menilai kestabilan tegangan, arus, dan daya *output* dalam berbagai kondisi angin.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan atau referensi untuk pengembangan sistem PLTB skala kecil di Lokasi dengan karakteristik angin serupa. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan dasar perhitungan desain, implementasi, hingga evaluasi kinerja sistem yang dapat dikembangkan lebih lanjut oleh peneliti lain dengan teknologi dan metode yang lebih inovasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Kadek Wiratama and I. GNK Yudhyadi, “Simulasi Pengaruh Variasi Jumlah Blade Turbine Terhadap Sistem Diffuser Augmented Wind Turbine,” 2016.
- [2] M. F. Nur, I. C. Gunadin, and Z. Muslimin, “Studi Optimalisasi Kinerja PLTB Melalui Pemilihan Type Generator Terhadap Stabilitas Sistem Tenaga Listrik (Stabilitas Frekuensi dan Tegangan) Sulbagsel,” 2022.
- [3] R. Syahyuniar, Y. Ningsih, and H. Herianto, “RANCANG BANGUN BLADE TURBIN ANGIN TIPE HORIZONTAL,” *Jurnal Elemen*, vol. 5, no. 1, p. 28, Dec. 2018, doi: 10.34128/je.v5i1.74.
- [4] H. C. Prasetyo, “Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Maximum Power Point Tracker (Mppt) Dengan Metode Perturb And Observe (P&O),” Surabaya, 2018.
- [5] R. A. Syihab, “Desain Turbin Angin Untuk Pemanfaatan Energi Angin (Studi Kasus pada Grid 3 Nusa Di Pulau Nusa Penida),” Oct. 2022.
- [6] D. McNamara, A. Pandit, and A. Malekjafarian, “Optimized design of multiple tuned mass dampers for vibration control of offshore wind turbines,” *Ocean Engineering*, vol. 305, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.oceaneng.2024.117912.
- [7] M. R. Abdillah, A. D. Santoso, and F. Nofandi, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Untuk Daya Lampu Navigasi,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 61–68, Jul. 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.22991.
- [8] Y. Mahendra, Y. Subarwanti, and W. A. Rikarda, “RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU UNTUK PENERANGAN GUBUK DI SAWAH,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4919.
- [9] T. Burton, N. Jenkins, E. Bossanyi, D. Sharpe, and M. Graham, *Wind Energy Handbook*, Third Edition. Hoboken: Wiley, 2021.
- [10] B. Dahlan, D. Pembimbing Endarko, and P. Magister Bidang Keahlian Fisika Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, “RANCANG BANGUN BALING-BALING KINCIR ANGIN MENGGUNAKAN NACA 4412 DAN 4415 DARI BAHAN KAYU MAHONI (*Swietenia macrophylla*) DAN PINUS (*Pinus merkusii*),” 2016.

- [11] A. Effendi, “Analisa Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Putaran Turbin Pada Pemanfaatan Energi Angin di Pantai Ujung Batu Muaro Penjalinan,” *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 8, no. 2, 2021.
- [12] Maudini and M. A. Syarifuddin, “RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU UNTUK PENERANGAN RUMAH TAMBAK,” 2022.
- [13] M. Rijal, “SKRIPSI PERANCANGAN TURBIN ANGIN BERPOROS HORIZONTAL DENGAN DAYA RATED 2.000 W,” 2022.
- [14] F. Firman, J. Tangko, S. Nara, and A. Ardiansyah, “Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Blade Menggunakan PVC,” *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 21, no. 2, pp. 210–220, Oct. 2023, doi: 10.31963/sinergi.v21i2.4457.
- [15] T. Arif Adlie, T. Azuar Rizal, R. Artikel, and K. Kunci, “Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Sudu Dengan Daya Output 1 KW INFORMASI ARTIKEL,” 2015, [Online]. Available: www.teknik.unsam.ac.id
- [16] N. Arisandi and J. Custer, “RANCANG BANGUN DAN ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU MINI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN (BLADE TAPERLESS BERBAHAN KAYU),” 2021.
- [17] T. Arif Adlie, T. Azuar Rizal, R. Artikel, and K. Kunci, “Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Sudu Dengan Daya Output 1 KW INFORMASI ARTIKEL,” *Jurnal Ilmiah Jurutera*, 2015, [Online]. Available: www.teknik.unsam.ac.id