

SKRIPSI

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik
Negeri Bengkalis*



Oleh:

Abdul Hafis Ramadhan

NIM. 3204221482

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK LISTRIK
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

2026

HALAMAN PENGESAHAN
RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
ANGIN MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV

Jurusan Teknik Elektro

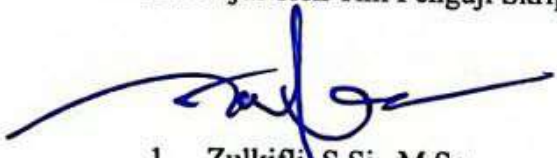
Oleh:

ABDUL HAFIS RAMADHAN
3204221482

Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi:

Tanggal Ujian : 05 Agustus 2026

Periode Wisuda : X


1. Zulkifli, S.Si., M.Sc.
NIP. 197409112014041001

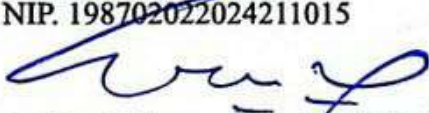
(Pembimbing)


2. Ir. Muhamis, S.T., M.T.
NIP. 197302042021212004

(Penguji 1)


3. M. Nur Faizi, S.ST., M.T.
NIP. 198702022024211015

(Penguji 2)


4. Ir. Wan Muhammad Faizal, S.T., M.T.
NIP. 197404032014041001

(Penguji 3)

Bengkalis, 05 Agustus 2026
Ketua Program Studi Teknik Listrik
Politeknik Negeri Bengkalis

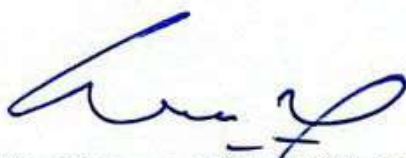

Mus Ali Alsabab, S.Tr.T., M.T.
NIP. 199606162025061006

LEMBAR PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Skripsi ini, dan kami berpendapat bahwa Skripsi ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana.

Tanda Tangan : 
Nama Penguji 1 : Ir. Muharnis, S.T., M.T.
Tanggal Pengujian : 05 Agustus 2026

Tanda Tangan : 
Nama Penguji 2 : M. Nur Faizi, S.ST., M.T.
Tanggal Pengujian : 05 Agustus 2026

Tanda Tangan : 
Nama Penguji 3 : Ir. Wan Muhammad Faizal, S.T., M.T.
Tanggal Pengujian : 05 Agustus 2026

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Bengkalis, 05 Agustus 2026



RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR

Nama : Abdul Hafis Ramadhan

Nim 3204221482

Pembimbing : Zulkifli, S.Si., M.Sc.

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya energi angin. Penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) menggunakan turbin ventilator. Sistem terdiri dari turbin ventilator, generator DC, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, dan *inverter*. Energi kinetik angin diubah menjadi energi mekanik berupa putaran turbin, kemudian dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik arus searah.

Pengujian dilakukan dengan mengukur kecepatan angin, putaran generator, tegangan, arus, daya keluaran, dan perubahan tegangan baterai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan angin meningkatkan putaran dan tegangan keluaran generator. Pada kecepatan angin 3,3 m/s diperoleh putaran 59 RPM dan tegangan 7,6 V, sedangkan pada 7,1 m/s diperoleh 362 RPM dan 22 V. Daya keluaran generator mencapai 0,10538 W. Hasil pengujian menunjukkan turbin ventilator dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga angin skala kecil.

Kata kunci: Energi Angin, Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Turbin Ventilator, Generator DC, Baterai.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A WIND POWER PLANT USING A TURBINE VENTILATOR

Name : Abdul Hafis Ramadhan

Study Number : 3204221482

Supervisor : Zulkifli, S.Si., M.Sc.

ABSTRACT

The ever-increasing demand for electrical energy is driving the use of renewable energy sources, including wind energy. This research aims to design and analyze the performance of a wind power plant (PLTB) using a turbine ventilator. The system consists of a turbine ventilator, a DC generator, a solar charge controller (SCC), a battery, and an inverter. The wind's kinetic energy is converted into mechanical energy in the form of turbine rotation, which is then converted by the generator into direct current electrical energy.

The test was conducted by measuring wind speed, generator rotation, voltage, current, output power, and changes in battery voltage. The test results showed that increasing wind speed increased the generator's rotation and output voltage. At a wind speed of 3.3 m/s, the rotation was 59 RPM and a voltage of 7.6 V, while at 7.1 m/s, the rotation was 362 RPM and 22 V. The generator's output power reached 0.10538 W. The test results showed that the ventilator turbine can be used as a small-scale wind power generator.

Keywords: *Wind Energy, Wind Power Plant, Ventilator Turbine, DC Generator, Battery.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Dengan segala kerendahan hati, skripsi ini penulis persembahkan kepada

Kedua Orang Tua Tercinta

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ayah Amrizal Amir dan Ibu Maya Cutani tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, semangat, serta pengorbanan yang tidak ternilai harganya. Terima kasih telah menjadi tempat untuk pulang, tempat untuk bercerita, dan sumber kekuatan dalam setiap langkah perjalanan penulis. Segala pencapaian ini tidak terlepas dari doa dan perjuangan Ayah dan Ibu.

Keluarga Tercinta

Terima kasih kepada seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan, perhatian, motivasi, dan doa selama penulis menjalani pendidikan hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dosen Pembimbing dan Seluruh Dosen

Terima kasih kepada dosen pembimbing Zulkifli, S.Si., M.Sc yang telah meluangkan waktu, memberikan ilmu, arahan, nasihat, serta bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih juga kepada seluruh dosen yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama penulis menempuh pendidikan.

Teman-Teman Seperjuangan

Terima kasih kepada Afdal, Fikri dan teman-teman seperjuangan yang telah menemani, membantu, memberikan semangat, dan berbagi suka maupun duka selama menjalani perkuliahan hingga proses penyelesaian skripsi ini. Semoga

segala perjuangan dan kebersamaan yang telah dilalui menjadi kenangan yang berharga.

Untuk Diri Sendiri

Terima kasih kepada diri sendiri yang telah bertahan melewati berbagai proses, kesulitan, rasa lelah, keraguan, dan tantangan selama menyelesaikan pendidikan ini. Terima kasih karena tetap memilih untuk melangkah ketika terasa sulit dan tidak menyerah hingga akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini.

“Jika amepit hidup ini, tidur selalu tak tenang, pagi selalu menyiksa semua akan baik saja, sebab tuhan telah berjanji, setelah sempit ada kemudahan.”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. berkat hidayah dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Diploma (D4) Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis.

Meskipun dalam penyelesaian skripsi ini telah berusaha seoptimal mungkin, namun tidak menutup kemungkinan masih banyaknya kekurangan-kekurangan. Untuk itu kritikan dan saran bersifat membangun penulis harapkan dari pihak semua kearah penyempurnaan lebih lanjut yang pada akhirnya memberikan banyak manfaat.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini. Atas sikap dan keterbukaan yang diberikan, skripsi ini dapat terwujud berkat bantuan berbagai pihak, penulis ucapkan terima kasih atas segala bantuan dan bimbingan khususnya kepada yang terhormat:

1. Orang tua penulis yang senantiasa mendoakan penulis serta memberikan dukungan dan perhatian nya selama penulis menyusun proposal skripsi.
2. Bapak Johnny Custer, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Bengkalis.
3. Bapak M. Nur Faizi, S.ST., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Mus Ali Alsabah, S.Tr.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Listrik.
5. Bapak Stephan, S.T., M.T. selaku Wali Dosen
6. Bapak Zulkifli, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu untuk penulis.
7. Bapak Hikmatul Amri, S.ST., M.T. selaku dosen yang membimbing saya dalam penulisan tata tulis proposal.
8. Bapak dan Ibu Dosen Politeknik Negeri Bengkalis yang telah memberikan sebagian ilmunya kepada penulis.

9. Teman Teman seperjuangan yang ikut serta membantu penulis dalam menyelesaikan laporan proposal skripsi ini.

Penulis berharap semoga laporan proposal skripsi ini dapat dijadikan sebagai acuan dan landasan pemikiran untuk skripsi selanjutnya agar dapat lebih dikembangkan lagi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi sumber inspirasi bagi pihak lain untuk menambah ilmu.

Akhir kata, ucapan maaf dari penulis atas segala bentuk kesalahan, baik dalam bentuk perkataan dan penulisan yang tidak berkenan di dalam penyusunan skripsi ini.

Bengkalis, 05 Agustus 2026

Abdul Hafis Ramadhan
NIM. 3204221482

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Dan Manfaat	3
1.5 Metode Penyelesaian Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Terdahulu	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB).....	6
2.2.2 Jenis Jenis PLTB	7
2.2.3 Prinsip Kerja Turbin Ventilasi	8
2.3 Komponen Komponen yang digunakan	8
2.3.1 Turbin Ventilasi	8
2.3.2 Generator DC	10
2.3.3 <i>Solar Charge Controller</i>	11
2.3.4 <i>Inverter</i>	12
2.3.5 Baterai	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Sistem Kerja Alat Secara Umum	15
3.2 Blok Diagram Sistem.....	15
3.3 Cara Kerja Alat	16
3.3.1 <i>Flowchart</i> /Diagram alir	16
3.3.2 Penjelasan <i>Flowchart</i>	17
3.4 Rancangan <i>Hardware</i>	18
3.4.1 Turbin Ventilator	19
3.4.2 Generator DC	21
3.4.4 <i>Solar Charge Controller</i>	22
3.4.5 Baterai	22
3.4.6 <i>Inverter</i>	23
3.5 Rancangan <i>Prototype</i> alat yang akan dikerjakan	24
BAB IV HASIL PERANCANGAN DAN ANALISA.....	26
4.1 Hasil Perancangan Alat.....	26
4.1.1 Turbin dan Generator	26
4.1.2 Hasil Perancangan Sistem Kelistrikan dan Penyimpanan	27
4.2 Hasil Pengujian Prototipe Pembangkit Tenaga Angin	28
4.2.1 Pengujian Menggunakan Blower	29
4.2.2 Analisa Daya Ouput Generator	30
4.2.3 Analisa Daya Kinetik Turbin.....	31
4.3 Pengujian Kecepatan Angin Turbin Ventilator	34
4.4 Pengujian Tegangan <i>Output</i> Generator	34
4.5 Pengujian Arus Tegangan <i>Prototype</i>	35
4.6 Pengujian Baterai <i>Prototype</i>	35
4.6.1 Pengujian Kecepatan Angin 3,3 m/s.....	37
4.6.2 Pengujian Kecepatan Angin 4,4 m/s.....	38
4.6.3 Pengujian Kecepatan Angin 5,2 m/s.....	39
4.6.4 Pengujian Kecepatan Angin 6,3 m/s.....	41
4.6.5 Pengujian Kecepatan Angin 7,1 m/s.....	42
BAB V PENUTUP	45
5.1 Kesimpulan	45

5.2	Saran.....	46
	DAFTAR PUSTAKA.....	48
	LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengujian Prototipe Pembangkit Tenaga Angin	29
Tabel 4.2 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin.....	37
Tabel 4.3 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin.....	38
Tabel 4.4 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin.....	39
Tabel 4.5 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin.....	41
Tabel 4.6 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Ventilator	9
Gambar 2.2 Generator DC	11
Gambar 2.3 <i>Solar Charge Control</i>	12
Gambar 2.4 <i>Inverter</i>	13
Gambar 2.5 Baterai.....	14
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem	16
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Sistem Kerja Alat	17
Gambar 3.3 Rancangan <i>Hardware</i>	19
Gambar 3.4 Turbin Ventilator	20
Gambar 3.5 Turbin Ventilator	21
Gambar 3.6 <i>Solar Charge Control</i>	22
Gambar 3.7 Turbin Ventilator	23
Gambar 3.8 <i>Inverter</i>	24
Gambar 3.9 Rancangan <i>Prototype</i>	24
Gambar 3.10 Tampak Atas	24
Gambar 3.11 Tampak Samping	25
Gambar 3.12 Rancangan <i>Prototype</i>	25
Gambar 4.1 Hasil perancangan Turbin Ventilator dengan Generator.....	27
Gambar 4.2 Hasil Perancangan Sistem Kelistrikan dan Penyimpanan Energi.....	28
Gambar 4.3 Grafik hubungan kecepatan angin terhadap putaran generator	34
Gambar 4.4 Grafik hubungan kecepatan angin terhadap tegangan generator.....	34
Gambar 4.5 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	35
Gambar 4.6 Pengujian pengisian baterai	36
Gambar 4.7 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	37
Gambar 4.8 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	38
Gambar 4.9 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	39
Gambar 4.10 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	39
Gambar 4.11 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	40

Gambar 4.12 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	41
Gambar 4.13 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	42
Gambar 4.14 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	42
Gambar 4.15 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	43
Gambar 4.16 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan populasi dan industrialisasi yang pesat telah memicu peningkatan kebutuhan energi global. Namun, ketersediaan sumber energi fosil yang terus menipis dan dampak negatifnya terhadap lingkungan menyebabkan krisis energi yang semakin serius. Krisis ini mendorong upaya pencarian sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu solusi yang semakin diminati adalah energi terbarukan, termasuk pemanfaatan energi angin.

Energi angin memiliki kelebihan utama berupa ketersediaan yang melimpah dan sifatnya yang tidak menimbulkan emisi gas rumah kaca. Meskipun potensi energi angin telah banyak dimanfaatkan melalui turbin angin konvensional, terdapat banyak wilayah yang memiliki kecepatan angin sedang hingga rendah, yang belum sepenuhnya dioptimalkan. Pada kondisi ini, pemanfaatan turbin ventilator, muncul sebagai solusi alternatif. Turbin ventilator, yang awalnya digunakan untuk ventilasi udara, memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai generator listrik, terutama di daerah dengan kecepatan angin yang normal.

Penggunaan turbin ventilator sebagai generator listrik masih minim penelitian, khususnya terkait efisiensi dan efektivitas konversinya. Penelitian ini akan berfokus pada desain dan analisis *output* dari sistem turbin ventilasi sebagai generator listrik. Dengan memanfaatkan potensi angin di berbagai daerah, diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi hemat energi yang mudah diterapkan, bahkan di daerah-daerah terpencil.

Turbin angin konvensional sudah banyak dikembangkan untuk menghasilkan listrik, namun seringkali membutuhkan lahan yang luas serta kecepatan angin yang tinggi. Turbin ventilator, meski umumnya digunakan

sebagai sistem ventilasi atap, menunjukkan potensi besar untuk dikonversi menjadi turbin listrik dalam skala kecil.

Beberapa penelitian awal menunjukkan bahwa turbin ventilasi mampu mengonversi energi angin menjadi energi mekanik secara efisien. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan performa dan optimalisasi *output* listrik yang dihasilkan.

Penelitian ini sangat relevan untuk menjawab tantangan global terkait krisis energi dan pencarian sumber energi terbarukan. Jika berhasil dioptimalkan, turbin ventilator dapat menjadi solusi yang terjangkau dan mudah diterapkan, terutama di daerah yang memiliki sumber daya angin tetapi tidak mendukung instalasi turbin angin konvensional. Dengan desain yang relatif sederhana, penerapan turbin ventilasi sebagai generator listrik dapat membantu mengurangi ketergantungan pada energi fosil, serta menyediakan listrik untuk kebutuhan rumah tangga atau industri kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sistem turbin ventilasi sebagai generator listrik. Fokus utama penelitian adalah meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem dalam menghasilkan listrik dari energi angin dengan kecepatan yang relatif rendah hingga sedang, sehingga dapat digunakan secara luas di berbagai wilayah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dari Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Ventilator adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain optimal dari ventilasi turbin generator untuk menghasilkan *output* listrik yang maksimal?
2. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja dan efisiensi dari ventilasi turbin generator ?
3. Bagaimana analisis *output* listrik yang dihasilkan oleh ventilasi turbin generator dalam berbagai kondisi kecepatan angin?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk membatasi pembahasan materi, sehingga dapat membuat pembahasan menjadi terarah dan sesuai dengan yang diharapkan. Batasan masalah dari rancang bangun alat ini adalah:

1. Penelitian ini hanya akan memfokuskan pada penggunaan turbin ventilasi sebagai generator listrik dan tidak membahas turbin angin lainnya atau teknologi energi terbarukan lainnya.
2. Pengukuran dan analisis *output* energi listrik dibatasi pada kondisi angin dengan kecepatan minimum dan maksimum yang ditentukan berdasarkan data dari lokasi pengujian.
3. Lingkup penelitian dibatasi pada kondisi lingkungan tertentu di wilayah dengan kecepatan angin yang tinggi, dan tidak mencakup daerah dengan kecepatan angin yang rendah

1.4 Tujuan Dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memahami cara merancang sistem ventilasi turbin generator yang efisien dan efektif dalam menghasilkan listrik.
2. Penerapan teknologi sederhana dan ekonomis dalam pemanfaatan energi angin, sehingga dapat diaplikasikan di daerah yang memiliki potensi angin.
3. Mengisi baterai dengan baik ketika kecepatan angin tidak konstan
4. Mengetahui kinerja sistem turbin ventilator sebagai pembangkit listrik skala kecil.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mampu dan dapat merancang sistem ventilasi turbin generator yang efisien dan efektif.
2. Mampu dan dapat menghasilkan listrik untuk penerangan.
3. Dapat digunakan sebagai energi alternatif.

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Metode yang digunakan untuk merancang alat ini adalah:

1. Merancang dan mendesain alat. Disini dilakukan perancangan mulai dari perancangan rancangan *hardware* maupun rancangan *prototype*.
2. Membuat alat sesuai rancangan yang telah dibuat, mulai dari membeli bahan bahan hingga merakit dan menghubungkan 1 komponen dengan komponen lainnya.
3. Melakukan pengujian alat yang telah dibuat apakah alat tersebut sudah bekerja dengan benar dan dapat menghasilkan *output* sesuai rencana.
4. Melakukan pengambilan data dari hasil alat yang telah diuji dengan menggunakan bantuan beberapa alat.
5. Menganalisa hasil *output* dari alat yang dibuat serta mencari kekurangan agar dapat dilakukan perbaikan sehingga dapat menambah hasil *output*.
6. Membuat kesimpulan data dari hasil *output* dan analisa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Terdahulu

Penelitian mengenai perancangan Alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Ventilasi sudah dilakukan oleh berbagai penelitian. Berikut merupakan hasil dari penelitian yang pernah dilakukan di antaranya.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Suryadi dan kawan-kawan pada tahun 2019 tentang Pemanfaatan Turbin Ventilasi Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan potensi energi terbarukan sebagai pengganti cadangan energi fosil yang menipis. Salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai energi mekanik oleh turbin angin untuk mengubah menjadi energi listrik oleh generator dc. Ventilasi yang beroperasi selama 24 jam berfungsi mengisap udara dan, terletak di atap gudang, gedung olahraga. Pemanfaatan angin agar menjadi energi listrik, dirancang dari penggunaan turbin ventilasi sebagai media pengubah angin menjadi energi gerak, dimana pergerakan turbin diteruskan oleh perbandingan *pulley* dan *v-belt* ke generator, generator inilah yang menghasilkan energi listrik. Dari pengujian yang dilakukan, putaran generator, dan tegangan terendah terdapat pada kecepatan angin 3 m/s yaitu sebesar 3,6 V. sedangkan putaran generator, dan tegangan yang tertinggi didapatkan jika kecepatan angin adalah 5,4 m/s yaitu sebesar 10.3 V (Suryadi et al., 2019).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ivannuri dan kawan-kawan pada tahun 2022 tentang *Prototype* Turbin Ventilasi Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan *output*, turbin ventilasi yang digunakan untuk menangkap angin dan menggerakkan generator, dengan cara menyambungkan turbin angin dengan menggunakan *v-belt* agar putaran yang dihasilkan generator lebih maksimal. Kemudian generator menghasilkan energi listrik. Hasil dari penelitian ini memiliki rata-rata *output*

3,62, 3,83 dan 3,69 (Ivannuri et al., 2022).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Pratama dan kawan-kawan pada tahun 2024 tentang Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Ventilasi dengan *Buck-Boost Converter*. Penelitian ini bertujuan untuk dapat memanfaatkan salah satu dari sumber energi angin digunakanlah turbin ventilator sebagai penggerak pada generator yang dapat mengkonversi energi angin menjadi energi listrik dari hasil penelitian yang telah dilakukan tanpa beban didapatkan turbin angin menghasilkan tegangan pengujian tanpa beban tegangan terkecilnya adalah 2v dan arus arus terkecilnya 0,1A dengan kecepatan angin 1,4 m/s di jam 01.00, maksimalnya adalah 13v dan arus maksimalnya 0,5A dengan kecepatan angin 5,5 m/s di jam 16.00. Pengujian turbin angin dengan *buck-boost converter*, hasil pengujian *buck-boost* pada saat (*buck*) terjadi pada jam 16.00 dengan tegangan *input* 13v diturunkan menjadi 12v dengan kecepatan angin 5,5 m/s, dan pada saat (*boost*) terjadi pada jam 12.00 dengan tegangan *input* 10v dinaikkan menjadi 11,9 dan *error* tegangan 0,1 dengan kecepatan angin 5 m/s. Pengujian turbin angin dengan beban resistor 10 ohm didapatkan daya sebesar 14,161 watt dengan efisiensi 44% (Pratama et al., 2024).

2.2 Landasan Teori

Pada penelitian ini membahas konsep-konsep dasar yang mendukung perancangan pembangkit listrik tenaga angin menggunakan ventilasi turbin. Pembahasan mencakup teori mengenai energi angin, prinsip kerja ventilasi turbin, konversi energi mekanik menjadi energi listrik, serta aspek efisiensi dan keberlanjutan energi.

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB)

Pembangkit listrik tenaga angin adalah sistem yang dirancang untuk memanfaatkan energi kinetik dari angin sebagai sumber utama dalam menghasilkan

kan energi listrik. Prinsip kerja sistem ini melibatkan konversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik melalui turbin angin, yang kemudian diteruskan ke generator untuk diubah menjadi energi listrik. Proses ini mengandalkan turbin yang dirancang secara aerodinamis agar dapat menangkap aliran angin secara optimal dan menghasilkan putaran yang efisien.

Sistem konversi energi angin Merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengubah energi angin menjadi energi mekanik poros oleh rotor yang diubah oleh generator menjadi energi listrik. Besarnya energi yang dapat diubah ke rotor tergantung pada kecepatan angin, luas area, dan kerapatan udara (Suryadi et al., 2019).

Untuk mengkonversi energi angin yang tersedia dapat dihitung dengan:

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

P_w : Daya Angin (W)

V : Kecepatan Angin (m/s)

A : Luas Penampang (m^2)

ρ : Kerapatan Udara (1.1726 kg/m^3)

2.2.2 Jenis Jenis PLTB

Ada beberapa jenis turbin angin yang digunakan dalam PLTB, turbin turbin tersebut adalah:

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal, Turbin ini memiliki poros utama dan generator yang ditempatkan di bagian atas menara, dengan bilah yang berputar pada bidang horizontal.

2. Turbin Angin Sumbu Vertikal, Turbin ini memiliki poros utama yang ditempatkan secara vertikal, dengan bilah yang berputar pada bidang vertikal.
3. Turbin Angin Darrieus, Jenis turbin angin sumbu vertikal dengan bilah berbentuk seperti huruf C atau H.
4. Turbin Angin Savonius, Jenis turbin angin sumbu vertikal dengan bilah berbentuk seperti setengah silinder yang dipasang berlawanan arah.

2.2.3 Prinsip Kerja Turbin Ventilasi

Prinsip kerja turbin ventilasi ketika angin mengenai turbin ventilasi, bilah turbin berputar dan menghasilkan energi mekanik yang diteruskan ke generator melalui mekanisme seperti belting. Generator kemudian mengubah energi mekanik ini menjadi energi listrik yang dapat disalurkan ke baterai untuk disimpan atau langsung digunakan oleh perangkat listrik melalui *inverter*. Dalam sistem ini, jenis turbin yang digunakan adalah Turbin Angin Sumbu Vertikal, di mana poros utama turbin ditempatkan secara vertikal dengan bilah-bilah yang berputar pada bidang vertikal. Desain turbin ini memiliki keunggulan berupa kemampuan untuk menangkap angin dari berbagai arah tanpa memerlukan sistem pelacak angin, sehingga cocok untuk aplikasi pada ventilasi turbin.

2.3 Komponen Komponen yang digunakan

2.3.1 Turbin Ventilasi

Turbin ventilator adalah sejenis exhaust fan atau roof fan tanpa menggunakan motor penggerak dimana fungsinya adalah mensirkulasikan udara segar diluar ruangan dan membantu sirkulasi udara panas dalam ruangan (Ivannuri et al., 2022).

Kecepatan putaran turbin angin sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan desain bilah turbin. Kecepatan angin yang lebih tinggi memungkinkan bilah turbin menghasilkan putaran yang lebih cepat, sehingga meningkatkan energi mekanik yang.

dihasilkan. Selain itu, efisiensi energi pada sistem pembangkit listrik tenaga angin ditentukan oleh material, bentuk bilah, dan desain aerodinamis turbin. Material yang ringan namun kuat, serta desain bilah yang mampu menangkap aliran angin secara optimal, menjadi faktor kunci dalam meningkatkan konversi energi angin menjadi energi mekanik. Konstruksi ringan juga memainkan peran penting dalam meminimalkan hambatan, yang tidak hanya mempermudah rotasi turbin tetapi juga meningkatkan durabilitas sistem secara keseluruhan. Gambar Turbin Ventilasi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Turbin Ventilator
Sumber: (Suryadi et al., 2019)

Turbin ventilator memiliki jari jari untuk menentukan seberapa kuat dan seberapa cepat turbin berputar, dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{D}{2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

D : Diameter Turbin

R : Jari Jari Turbin

Luas penampang turbin

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

A = Luas Penampang

R = Jari Jari Turbin

Ujung bilah turbin adalah bagian paling luar dari bilah turbin yang terletak pada jarak terjauh dari poros putar (*shaft*). Bagian ini memiliki peran penting karena kecepatan liniernya paling besar dibandingkan bagian bilah

lainnya saat turbin berputar. Secara fisik, kecepatan ujung bilah ditentukan oleh jari-jari turbin dan kecepatan putar (RPM). Semakin besar jari-jari turbin, maka semakin besar pula kecepatan ujung bilah. Kecepatan inilah yang digunakan dalam perhitungan *Tip Speed Ratio* (TSR), yaitu perbandingan antara kecepatan ujung bilah turbin terhadap kecepatan angin. Turbin ini dirancang tipe *drag based*, tipe *drag-based* adalah jenis turbin angin yang bekerja berdasarkan gaya hambat (*drag*) yang timbul ketika aliran angin menumbuk permukaan sudu atau bilah turbin. Pada tipe ini, energi angin dimanfaatkan melalui dorongan langsung angin terhadap bilah, sehingga menyebabkan poros turbin berputar. Secara operasional, turbin *drag-based* bekerja optimal ketika kecepatan ujung bilah turbin sebanding dengan kecepatan angin.

2.3.2 Generator DC

Generator DC adalah komponen yang bertugas mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Dalam sistem ini, generator DC dihubungkan langsung atau melalui mekanisme perantara seperti belting dengan turbin ventilator. Prinsip kerja generator DC didasarkan pada induksi elektromagnetik, di mana medan magnet yang berputar menghasilkan aliran listrik pada kumparan kawat. Pada generator DC, komponen utama terdiri dari rotor (*armature*), stator (medan magnet), dan komutator, yang berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik yang dihasilkan di dalam rotor menjadi arus searah sebelum disalurkan.

Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar di dalam medan magnet. Berdasarkan hukum Faraday, pada kawat penghantar akan timbul ggl induksi yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluksi yang dilingkupi oleh kawat penghantar (Ivannuri et al., 2022). Gambar Generator DC dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Generator DC
Sumber: (Suryadi et al., 2019)

2.3.2.1 Analisa Generator DC

Generator DC merupakan perangkat listrik yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Dalam perancangan sistem pembangkit listrik tenaga uap berbasis turbin Pelton 12 sudu, pemilihan generator DC sangat penting untuk memastikan konversi energi berlangsung secara optimal. Generator yang digunakan memiliki spesifikasi 24V 30W dengan eksitasi magnet permanen. Untuk mengetahui performa dan *output* daya dari generator ini, diperlukan beberapa perhitungan terkait daya, arus, dan efisiensi sistem berdasarkan parameter operasional yang ada.

Untuk menganalisis kinerja generator DC, beberapa rumus dasar yang digunakan sebagai berikut:

1. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator DC dihitung dengan menggunakan rumus dasar berikut:

$$P = V \times I \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

P : Daya listrik yang dihasilkan (*watt* atau *kw*)

V: Tegangan keluaran generator (*volt*)

I : Arus listrik keluaran generator (*ampere*)

2.3.3 *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller (SCC) merupakan perangkat dalam sistem PLTS yang berfungsi untuk mengatur pengisian daya dari panel surya ke baterai. SCC digunakan untuk menjaga tegangan dan arus yang masuk ke baterai sesuai dengan reteng baterai. Dalam penggunaan SCC pada Pembangkit Listrik Tenaga

Angin akan memastikan baterai tidak mengalami pelepasan muatan (*over discharge*) dan kelebihan muatan (*over charge*) yang dapat mengurangi usia baterai. Generator DC akan berputar dan menghasilkan daya maksimum pada saat terkena angin. Ketika putaran yang dihasilkan generator dc pelan, daya yang dihasilkan akan kecil. Untuk itu, SCC yang dilengkapi PWM-MPPT akan memaksimalkan daya yang dikonversi dari putaran generator dc sebelum masuk ke baterai dan *inverter*. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Roynaldo, 2022).



Gambar 2.3 *Solar Charge Control*
Sumber: (Dokumentasi,2026)

2.3.4 *Inverter*

Inverter adalah konverter tegangan arus searah (DC) ke tegangan bolak-balik (AC). Fungsi dari sebuah *inverter* adalah untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan besar magnitudo dan frekuensi yang diinginkan. Tegangan keluaran dapat bernilai tetap atau berubah-ubah pada frekuensi tetap atau berubah-ubah. Tegangan keluaran yang berubah-ubah dapat diperoleh dengan memvariasikan tegangan masukan DC dan menjaga penguatan *inverter* bernilai tetap. Sebaliknya jika tegangan masukan DC tetap dan tidak terkontrol, tegangan keluaran yang berubah-ubah dapat diperoleh dengan memvariasikan penguatan dari *inverter* (Saoda & Utami, 2019). Dalam sistem pembangkit listrik tenaga angin, *inverter* memainkan peran penting dalam memastikan energi listrik yang dihasilkan dapat sesuai dengan kebutuhan pengguna dan kompatibel dengan jaringan listrik.

Prinsip kerja *inverter* melibatkan proses switching elektronik yang mengatur tegangan dan frekuensi keluaran sehingga menyerupai gelombang sinusoidal, seperti yang dihasilkan oleh sumber listrik konvensional. *Inverter*

modern biasanya dilengkapi dengan fitur kontrol yang memungkinkan pengaturan efisiensi daya, proteksi terhadap beban lebih, serta stabilitas keluaran. Gambar *Inverter* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Inverter*
Sumber: (Dokumentasi,2026)

2.3.5 Baterai

Baterai adalah sebuah sela tau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energy kimia menjadi energi listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif aki menggunakan lempengan oksidasi dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbale sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat (Ivannuri et al., 2022). Energi yang tersimpan dalam baterai dapat digunakan saat tidak ada angin atau ketika kebutuhan energi meningkat, memastikan kestabilan pasokan listrik. Beberapa aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan baterai adalah kapasitas penyimpanan, yang menentukan jumlah energi yang dapat disimpan, serta efisiensi pengisian dan pengosongan, yang memastikan bahwa energi yang dihasilkan dapat digunakan secara optimal tanpa pemborosan. Gambar Baterai dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Baterai
Sumber: (Dokumentasi,2026)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sistem Kerja Alat Secara Umum

Secara umum, sistem kerja alat pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilasi dirancang untuk memanfaatkan aliran angin sebagai sumber energi utama. Proses kerja dimulai dengan penangkapan energi angin, di mana angin yang bergerak dengan kecepatan tertentu mengenai bilah-bilah turbin ventilasi. Bilah-bilah ini dirancang secara aerodinamis untuk mengoptimalkan rotasi saat terkena aliran angin. Semakin kuat angin, semakin besar energi yang dapat ditangkap dan diubah menjadi energi mekanik.

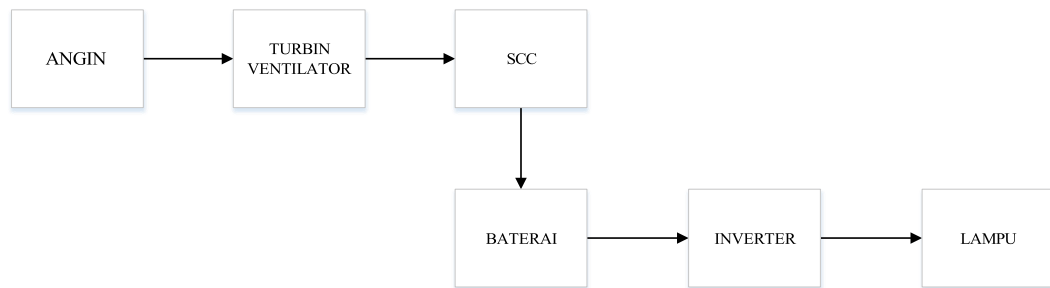
Setelah angin mengenai bilah turbin, energi kinetik angin diubah menjadi energi mekanik melalui rotasi bilah turbin. Rotasi ini kemudian diteruskan melalui poros utama ke mekanisme belting yang berfungsi sebagai penghubung antara turbin dan generator. Mekanisme belting ini memainkan peran penting dalam menjaga efisiensi transmisi energi, memastikan bahwa energi mekanik yang dihasilkan turbin dapat diteruskan dengan baik ke generator.

Selanjutnya, energi mekanik yang diteruskan melalui belting akan diterima oleh generator, yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Dalam generator, medan magnet yang berputar menghasilkan aliran listrik pada kumparan di dalam generator, menghasilkan energi listrik yang siap digunakan. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan ke baterai untuk disimpan, menggunakan controller untuk mengatur pengisian daya agar sesuai dengan kapasitas baterai dan mencegah terjadinya *overcharging*.

3.2 Blok Diagram Sistem

Blok diagram ini memberikan gambaran yang jelas dan sistematis mengenai cara kerja keseluruhan sistem, mulai dari penangkapan energi angin hingga distribusi energi listrik yang dihasilkan. Setiap komponen dalam sistem,

seperti turbin, generator, baterai, dan *inverter*, diwakili dalam diagram ini untuk menunjukkan bagaimana energi dikonversi dan disalurkan, serta interaksi antar komponen yang mendukung efisiensi sistem secara keseluruhan. Gambar Blok Diagram Sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.

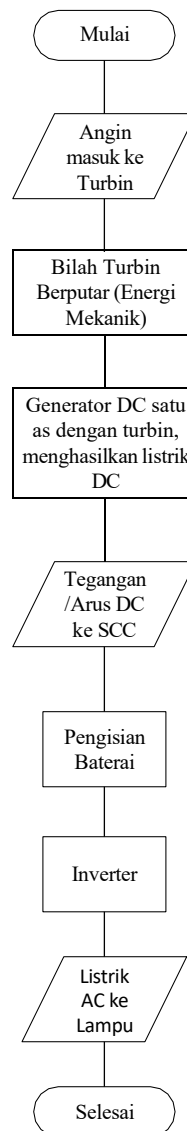


Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem
Sumber: (Data Pribadi, 2026)

3.3 Cara Kerja Alat

3.3.1 *Flowchart*/Diagram alir

Secara garis besar, alir pelaksanaan penelitian untuk membuat alat ini ditunjukkan pada *flowchart*. Gambar *Flowchart* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Flowchart* Sistem Kerja Alat
Sumber: (Data Pribadi, 2026)

3.3.2 Penjelasan *Flowchart*

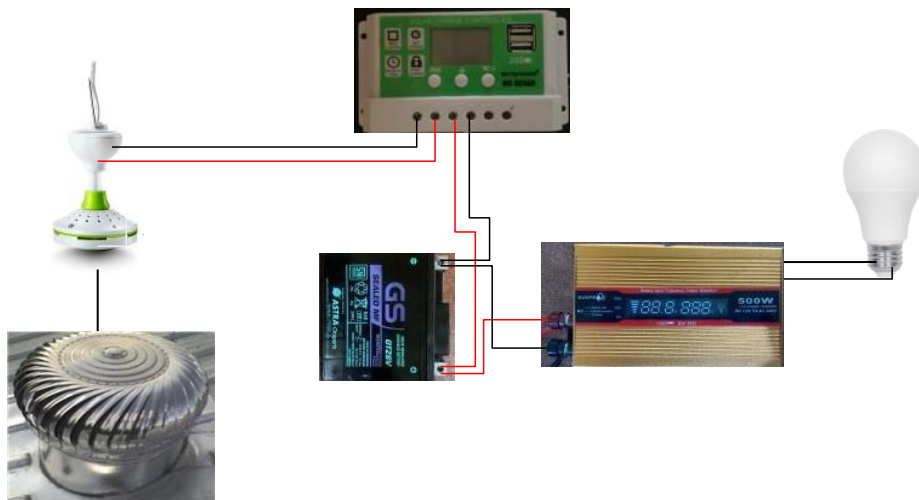
1. Proses diawali ketika terdapat aliran angin di lokasi pemasangan turbin ventilator. Kecepatan angin menjadi faktor utama yang menentukan apakah sistem dapat bekerja atau tidak.
2. Angin yang bertiup mengenai bilah-bilah turbin ventilator. Desain bilah memungkinkan turbin berputar meskipun pada kecepatan angin rendah, sehingga energi angin dapat dimanfaatkan secara maksimal.
3. Dorongan angin menyebabkan bilah turbin berputar. Putaran ini

merupakan bentuk energi mekanik yang dihasilkan dari energi kinetik angin.

4. Putaran poros turbin satu as dengan generator dan menghasilkan tegangan
5. Generator DC mengubah energi mekanik dari putaran poros menjadi energi listrik arus searah (DC). Besarnya tegangan yang dihasilkan bergantung pada kecepatan putaran generator.
6. Energi listrik DC yang dihasilkan kemudian diatur menggunakan SCC agar tegangan dan arus tetap stabil serta aman untuk sistem penyimpanan dan beban.
7. Energi listrik yang telah diatur disimpan ke dalam baterai. baterai berfungsi sebagai penyimpan energi sehingga listrik tetap tersedia saat kecepatan angin menurun atau tidak ada angin.
8. Jika listrik akan digunakan untuk peralatan rumah tangga atau beban AC, tegangan DC dari baterai diubah menjadi tegangan AC 220 V menggunakan *inverter*.
9. Energi listrik AC yang dihasilkan kemudian disalurkan ke beban, seperti lampu penerangan atau peralatan listrik lainnya.
10. Proses berakhir ketika energi listrik berhasil digunakan oleh beban, dan sistem akan terus bekerja selama masih terdapat aliran angin.

3.4 Rancangan *Hardware*

Rancangan *hardware* ini berfungsi untuk menjelaskan cara kerja dari angin yang memutar turbin ventilasi yang kemudian akan menggerakkan generator yang mana akan menghasilkan energi listrik untuk disimpan kedalam baterai, yang kemudian bisa digunakan untuk mensuplai beban. Gambar Rancangan *Hardware* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rancangan *Hardware*

Sumber: (Data Pribadi, 2026)

3.4.1 Turbin Ventilator

Turbin ventilator digunakan sebagai turbin angin yang dapat memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Spesifikasi yang digunakan pada turbin ventilator sebagai berikut :

1. Model: TB-400-SS
2. Ukuran: 16 Inch
3. Jumlah Bilah: 20 Pcs
4. Kecepatan Angin: 3-5 m/s
5. Volume Udara: 375 – 1500 m³/j
6. Material: *Stainless Steel*
7. Berat: 2,60 Kg

Turbin ini memiliki ukuran dengan 16 Inch yang cukup besar untuk menangkap angin rendah dan memiliki diameter 0,39 m.

Ujung bilah turbin adalah bagian paling luar dari bilah turbin yang terletak pada jarak terjauh dari poros putar (*shaft*). Bagian ini memiliki peran penting karena kecepatan liniernya paling besar dibandingkan bagian bilah lainnya saat turbin berputar. Secara fisik, kecepatan ujung bilah ditentukan oleh jari-jari turbin dan kecepatan putar (RPM). Semakin besar jari-jari turbin, maka semakin besar pula kecepatan ujung bilah. Kecepatan inilah yang digunakan

dalam perhitungan *Tip Speed Ratio* (TSR), yaitu perbandingan antara kecepatan ujung bilah turbin terhadap kecepatan angin. Turbin ini dirancang tipe *drag* based, tipe *drag*-based adalah jenis turbin angin yang bekerja berdasarkan gaya hambat (*drag*) yang timbul ketika aliran angin menumbuk permukaan sudu atau bilah turbin. Pada tipe ini, energi angin dimanfaatkan melalui dorongan langsung angin terhadap bilah, sehingga menyebabkan poros turbin berputar. Secara operasional, turbin *drag-based* bekerja optimal ketika kecepatan ujung bilah turbin sebanding dengan kecepatan angin, sehingga nilai *Tip Speed Ratio* (TSR) berada di sekitar 1.

Pada turbin *drag-based* (gaya hambat), kecepatan ujung bilah turbin dirancang sebanding ($\approx 1 : 1$) dengan kecepatan angin, sehingga nilai TSR mendekati 1, agar dorongan terjadi terus-menerus, bilah turbin tidak boleh lebih cepat dari angin dan, bilah juga tidak terlalu lambat.

Kecepatan putar turbin merupakan parameter penting dalam perancangan sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil karena berkaitan langsung dengan karakteristik angin, torsi yang dihasilkan, serta kecocokan dengan generator. Turbin ventilator TB-400-SS dirancang untuk beroperasi pada kecepatan angin rendah hingga sedang, dengan kecepatan awal berputar pada kisaran 3–5 m/s. dilihat pada Gambar 3.4.



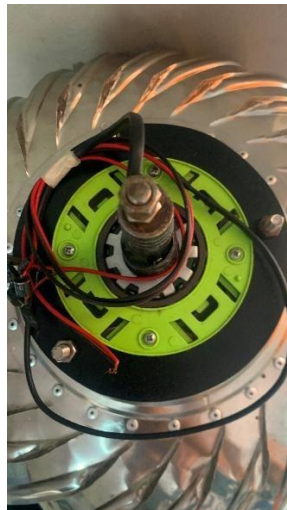
Gambar 3.4 Turbin Ventilator
Sumber: (Dokumentasi,2026)

3.4.2 Generator DC

Pada penelitian ini menggunakan Motor AC, untuk mendapatkan tegangan DC motor AC di *rectifier* menggunakan 4 dioda dengan 6 A dan menjadi Motor DC *Gearbox* untuk menghasilkan target beban 14 V. Generator DC bekerja berdasarkan hukum induksi elektromagnetik, di mana tegangan listrik yang dihasilkan sebanding dengan kecepatan putaran (RPM). Semakin besar RPM semakin besar tegangan yang dihasilkan. Spesifikasi Generator DC yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Jenis: Motor DC *Gearbox*
2. Tegangan nominal: 14 VDC
3. Kecepatan nominal: 300 rpm
4. Arus nominal: 0,5 – 1 A
5. Daya: 6 – 12 W

Generator DC yang digunakan memiliki kecepatan nominal 95 rpm pada tegangan 14 V, yang menunjukkan bahwa generator telah mampu menghasilkan tegangan kerja pada putaran normal dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Turbin Ventilator
Sumber: (Dokumentasi, 2026)

3.4.4 *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller (SCC) merupakan perangkat dalam sistem PLTS yang berfungsi untuk mengatur pengisian daya dari panel surya ke baterai. Dilihat pada gambar 3.6, SCC digunakan untuk menjaga tegangan dan arus yang masuk ke baterai sesuai dengan reteng baterai. *Solar Charge Controller* (SCC) digital Mitsuyama model MS-SC40A adalah pengontrol surya otomatis 12V/24V yang dilengkapi layar LCD dan port USB ganda. Alat ini menggunakan teknologi PWM (Pulse Width Modulation) dengan arus pengisian maksimum 40 Ampere dengan:

1. Merk & Model: Mitsuyama MS-SC40A
2. Tegangan Sistem: 12V / 24V (Otomatis)
3. Teknologi Pengisian: PWM (*Pulse Width Modulation*)
4. Arus Pengisian Maksimal: 40A
5. Maksimum Daya Panel Surya (PV Input):
6. Sistem 12V: ≤ 520 Watt
7. Sistem 24V: ≤ 1040 Watt



Gambar 3.6 Solar Charge Control
Sumber: (Dokumentasi, 2026)

3.4.5 *Baterai*

Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah baterai *Sealed Maintenance Free* (MF) tipe VRLA (*Valve Regulated Lead-Acid*) yang diproduksi oleh PT GS Battery Indonesia dan didistribusikan oleh Astra Otoparts dilihat pada gambar 3.7, dengan spesifikasi :

1. Merek : GS Battery
2. Tipe : GTZ6V

3. Jenis baterai : *sealed* MF
4. Tegangan nominal : 12 V DC
5. Kapasitas 5Ah



Gambar 3.7 Turbin Ventilator
Sumber: (Suryadi et al., 2019)

3.4.6 *Inverter*

Inverter yang digunakan adalah *inverter* DC/AC bertegangan input 12 V DC dan *output* 220 V AC dengan daya nominal 500 W. *Inverter* ini menggunakan sistem gelombang *modified sine wave* dan dilengkapi proteksi terhadap tegangan input rendah dan tinggi, *overload*, serta hubungan singkat, sehingga aman digunakan untuk mengubah energi dari baterai ke beban AC pada sistem turbin angin skala kecil dilihat pada gambar 3.8, dengan spesifikasi :

1. Nama Perangkat: *Inverter* DC/AC 12 V – 220 V
2. Tipe: *Modified Sine Wave Inverter*
3. Daya Nominal: 500 W
4. Tegangan Input: 12 V DC
5. Tegangan *Output*: 220 V AC



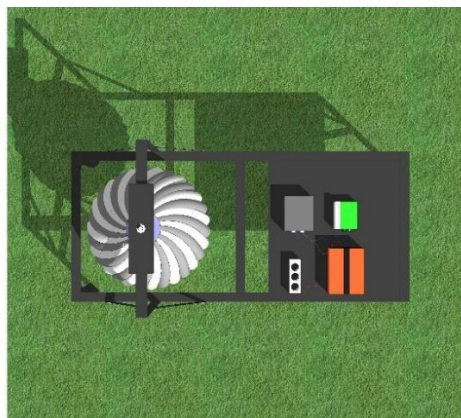
Gambar 3.8 *Inverter*
Sumber: (Dokumentasi, 2026)

3.5 Rancangan *Prototype* alat yang akan dikerjakan

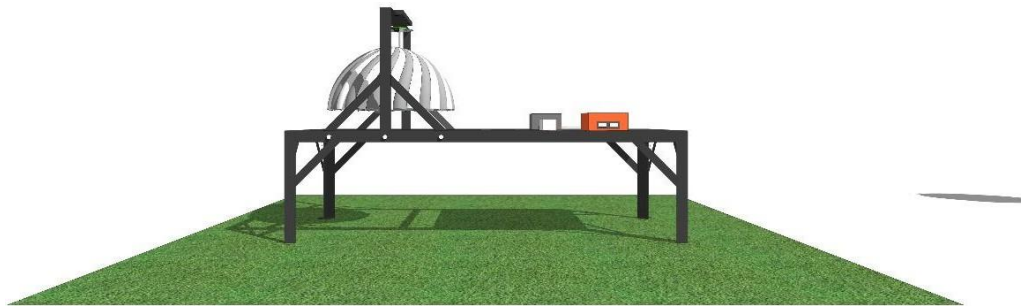
Prototype merupakan desain 3D dari alat yang ingin di buat dengan menggabungkan beberapa komponen, desain ini berguna untuk memudahkan pembuatan alat. Gambar Rancangan *Prototype* dapat dilihat pada Gambar 3.9.



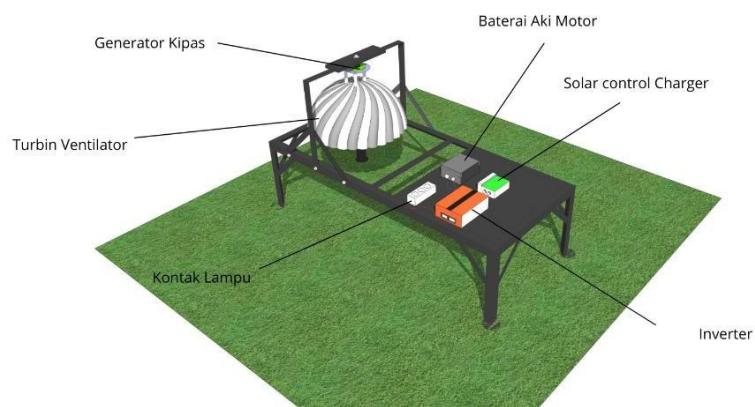
Gambar 3.9 Rancangan *Prototype*
Sumber: (Data Pribadi, 2026)



Gambar 3.10 Tampak Atas
Sumber: (Data Pribadi, 2026)



Gambar 3.11 Tampak Samping
Sumber: (Data Pribadi, 2026)



Gambar 3.12 Rancangan *Prototype*
Sumber: (Data Pribadi, 2026)

BAB IV

HASIL PERANCANGAN DAN ANALISA

4.1 Hasil Perancangan Alat

Hasil perancangan alat pada penelitian ini berupa sebuah prototipe pembangkit listrik tenaga angin yang memanfaatkan turbin ventilator sebagai pengubah energi angin menjadi energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan dari putaran turbin kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan generator DC sehingga menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan selanjutnya digunakan untuk mengisi baterai melalui *Solar Charge Controller* (SCC) dan dapat digunakan untuk menyuplai beban listrik melalui *inverter*.

Perancangan alat dilakukan dengan menggabungkan beberapa komponen utama, yaitu turbin ventilator, generator DC, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, dan *inverter*. Setiap komponen memiliki fungsi yang saling berhubungan dalam proses konversi energi angin menjadi energi listrik. Turbin ventilator berfungsi menangkap energi kinetik angin dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa putaran. Putaran tersebut kemudian diteruskan ke generator DC untuk menghasilkan energi listrik dalam bentuk tegangan dan arus searah (DC).

4.1.1 Turbin dan Generator

Turbin ventilator yang digunakan dalam perancangan ini adalah tipe TB-400-SS dengan ukuran 16 inch dan jumlah bilah sebanyak 20 buah. Turbin memiliki diameter sekitar 0,39 m dan terbuat dari material *stainless steel*. Pemilihan turbin ventilator ini didasarkan pada kemampuannya untuk berputar pada kondisi kecepatan angin rendah hingga sedang. Ketika aliran angin mengenai bilah-bilah turbin, gaya dorong angin menyebabkan turbin berputar pada porosnya. Putaran tersebut kemudian digunakan sebagai sumber energi mekanik untuk menggerakkan generator.

Generator yang digunakan pada sistem ini adalah motor DC *gearbox* yang

dimanfaatkan sebagai generator DC. Generator memiliki tegangan nominal 14 V DC dengan kecepatan nominal sekitar 95 rpm. Dalam perancangan sistem generator menyatu atau satu as dengan turbin ventilator, generator dipilih berdasarkan kebutuhan untuk menghasilkan tegangan DC yang dapat digunakan dalam sistem penyimpanan energi 14 V DC. Tegangan keluaran generator dipengaruhi oleh kecepatan putaran generator. Semakin tinggi putaran generator, maka semakin besar tegangan listrik yang dihasilkan, dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil perancangan Turbin Ventilator dengan Generator
Sumber: (Dokumentasi, 2026)

4.1.2 Hasil Perancangan Sistem Kelistrikan dan Penyimpanan

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu generator DC, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, *inverter*, dan beban listrik. Sistem ini dirancang untuk mengatur dan memanfaatkan energi listrik yang dihasilkan oleh generator DC dari putaran turbin ventilator. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator selanjutnya dialirkan menuju SCC untuk mengatur proses pengisian baterai. Energi yang telah tersimpan di dalam baterai kemudian digunakan sebagai sumber energi bagi *inverter*. *Inverter* berfungsi mengubah tegangan 12 V DC dari baterai menjadi tegangan 220 V AC yang dapat digunakan untuk menyuplai beban listrik.

Pada sistem ini, baterai berfungsi sebagai media penyimpanan energi

sehingga energi listrik tetap dapat digunakan ketika turbin tidak menghasilkan energi secara maksimal. *Inverter* digunakan sebagai pengubah energi listrik dari bentuk DC menjadi AC. Keluaran *inverter* kemudian dihubungkan ke stop kontak sebagai terminal keluaran untuk menghubungkan beban listrik. Dengan demikian, sistem kelistrikan yang dirancang memungkinkan energi angin yang dikonversi oleh generator dapat disimpan dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik, dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil Perancangan Sistem Kelistrikan dan Penyimpanan Energi
Sumber: (Dokumentasi, 2026)

4.2 Hasil Pengujian Prototipe Pembangkit Tenaga Angin

Berdasarkan data pengujian, dapat diketahui bahwa kecepatan angin secara umum berbanding lurus dengan kecepatan putaran turbin dan tegangan *output* generator. Pengujian ini dilakukan tanpa beban, ketika kecepatan angin meningkat dari 3,3 m/s menjadi 7,1 m/s, putaran turbin meningkat dari 47 RPM menjadi 249 RPM, sedangkan tegangan generator meningkat dari 7,6 V DC menjadi 22 V DC. Tabel 4.1 merupakan tabel pengujian

Tabel 4.1 Pengujian Prototipe Pembangkit Tenaga Angin

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran (RPM)	Tegangan <i>Output</i> Generator (V)	Arus Tegangan (A)
3,3	59	7,6	0,0028
4,4	157	10,3	0,0078
5,2	249	14,5	0,00105
6,3	291	17,8	0,00138
7,1	362	22	0,00479

Sumber: (Data Olahan, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.1, terlihat bahwa peningkatan kecepatan angin dari 3,3 m/s hingga 7,1 m/s menyebabkan kecepatan putaran turbin meningkat dari 59 RPM menjadi 362 RPM. Peningkatan tersebut terjadi karena bertambahnya kecepatan angin menyebabkan energi kinetik dan gaya aerodinamis yang diterima sudu turbin semakin besar. Secara teoritis, daya angin berbanding pangkat tiga terhadap kecepatan angin yang dinyatakan melalui persamaan 2.1. Peningkatan energi angin tersebut menghasilkan torsi yang lebih besar pada poros turbin sehingga mampu mengatasi torsi akibat gesekan mekanis dan beban elektromagnetik generator. Pada kecepatan angin rendah sebesar 3,3 m/s, torsi yang tersedia relatif kecil sehingga turbin hanya mencapai 59 RPM. Ketika kecepatan angin meningkat menjadi 7,1 m/s, torsi penggerak meningkat sehingga turbin mampu mencapai 362 RPM. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan angin mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kecepatan putaran turbin, meskipun hubungan antara kecepatan angin dan RPM tidak bersifat linier karena dipengaruhi oleh karakteristik aerodinamis turbin, gesekan mekanis, serta beban generator.

4.2.1 Pengujian Menggunakan Blower

Pengujian prototipe pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator dilakukan dengan bantuan blower sebagai sumber aliran angin buatan. Penggunaan blower bertujuan untuk menghasilkan aliran angin yang lebih terarah dan memudahkan pengaturan kondisi kecepatan angin selama proses pengujian. Dengan menggunakan blower, pengujian dapat dilakukan pada beberapa variasi kecepatan angin yang telah ditentukan.

Pada proses pengujian, blower diarahkan menuju turbin ventilator sehingga aliran udara yang dihasilkan dapat mengenai bilah-bilah turbin. Aliran udara tersebut menyebabkan turbin ventilator berputar dan menghasilkan energi mekanik. Putaran turbin kemudian diteruskan ke generator DC sehingga generator menghasilkan energi listrik berupa tegangan dan arus DC.

Kecepatan angin yang dihasilkan oleh blower diukur menggunakan anemometer yang ditempatkan pada posisi aliran udara menuju turbin. Pengujian dilakukan dengan mengatur posisi atau kondisi blower hingga diperoleh beberapa variasi kecepatan angin, yaitu 3,3 m/s, 4,4 m/s, 5,2 m/s, 6,3 m/s, dan 7,1 m/s. Pada setiap kondisi kecepatan angin, dilakukan pengukuran terhadap kecepatan putaran generator menggunakan tachometer serta tegangan dan arus keluaran generator menggunakan multimeter.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kecepatan angin yang diberikan oleh blower terhadap putaran generator dan keluaran listrik yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian, peningkatan kecepatan angin menyebabkan peningkatan kecepatan putaran generator dan tegangan keluaran generator. Pada kecepatan angin 3,3 m/s diperoleh putaran generator sebesar 59 RPM dan tegangan sebesar 7,6 V, sedangkan pada kecepatan angin 7,1 m/s diperoleh putaran sebesar 362 RPM dan tegangan sebesar 22 V.

Penggunaan blower dalam pengujian juga memungkinkan kondisi pengujian dibuat lebih terkendali dibandingkan pengujian yang hanya mengandalkan angin lingkungan. Namun, perubahan aliran udara dari blower tetap dapat menyebabkan kecepatan angin dan putaran generator tidak sepenuhnya konstan. Oleh karena itu, setiap parameter pengujian diukur secara langsung pada saat blower menghasilkan kecepatan angin yang telah ditentukan.

4.2.2 Analisa Daya Output Generator

Analisis daya *output* generator dilakukan untuk mengetahui besar daya yang dihasilkan oleh generator pada setiap kondisi kecepatan angin. Daya listrik diperoleh dari hasil perkalian antara tegangan *output* generator dan arus listrik yang dihasilkan. untuk mendapatkan nilai daya (P) yaang dihasilkan generator

dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4.

$$P = V \times I$$

1. Kondisi kecepatan angin (3,3 m/s)

$$P = 7,6 \times 0,0028 = 0,02128 \text{ W}$$

2. Kondisi kecepatan angin (4,4 m/s)

$$P = 10,3 \times 0,0078 = 0,08034 \text{ W}$$

3. Kondisi kecepatan angin (5,2 m/s)

$$P = 14,5 \times 0,00105 = 0,015225 \text{ W}$$

4. Kondisi kecepatan angin (6,3 m/s)

$$P = 17,8 \times 0,00138 = 0,024564 \text{ W}$$

5. Kondisi kecepatan angin (7,1 m/s)

$$P = 22 \times 0,00479 = 0,10538 \text{ W}$$

Berdasarkan hasil analisis tersebut, daya listrik terbesar diperoleh pada kecepatan angin 7,1 m/s, yaitu sebesar 0,10538 W, sedangkan daya listrik terkecil diperoleh pada kecepatan angin 5,2 m/s, yaitu sebesar 0,015225 W. Secara umum, peningkatan kecepatan angin dapat meningkatkan putaran turbin dan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Namun, daya listrik yang dihasilkan tidak selalu meningkat secara linier karena daya merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus. Apabila terjadi perubahan nilai arus, maka daya yang dihasilkan juga dapat mengalami kenaikan atau penurunan.

Perbedaan nilai daya pada setiap kondisi pengujian dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kestabilan kecepatan angin, perubahan putaran generator, serta kondisi pengukuran. Oleh karena itu, meskipun tegangan generator cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan angin, nilai daya listrik yang dihasilkan tetap bergantung pada kestabilan arus listrik yang dihasilkan oleh generator.

4.2.3 Analisa Daya Kinetik Turbin

Untuk mendapatkan nilai daya kinetik turbin, perlu menghitung luas penampang menggunakan persamaan 2.3.

Diameter turbin = 0,39 m, maka jari-jarinya:

$$r = \frac{0,39}{2} = 0,195 \text{ m}$$

Menhitung luas penampang menggunakan persamaan rumus 2.4.

Luas penampang:

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \times (0,195)^2$$

$$A = 0,1194 \text{ m}^2$$

1. Menghitung energi kinetik turbin menggunakan persamaan rumus 2.1.

Energi kinetik turbin pengujian kecepatan angin (3,3 m/s):

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 3,3^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 35,937$$

$$P_w = 2,579 \text{ W}$$

2. Energi kinetik turbin pengujian kecepatan angin (4,4 m/s):

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 4,4^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 85,184$$

$$P_w = 6,106 \text{ W}$$

3. Energi kinetik turbin pengujian kecepatan angin (5,2 m/s):

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 5,2^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 140,608$$

$$P_w = 10,08 \text{ W}$$

4. Energi kinetik turbin pengujian kecepatan angin (6,3 m/s):

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 6,3^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 250,047$$

$$P_w = 17,94 \text{ W}$$

5. Energi kinetik turbin pengujian kecepatan angin (7,1 m/s):

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 7,1^3$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 0,1194 \times 357,911$$

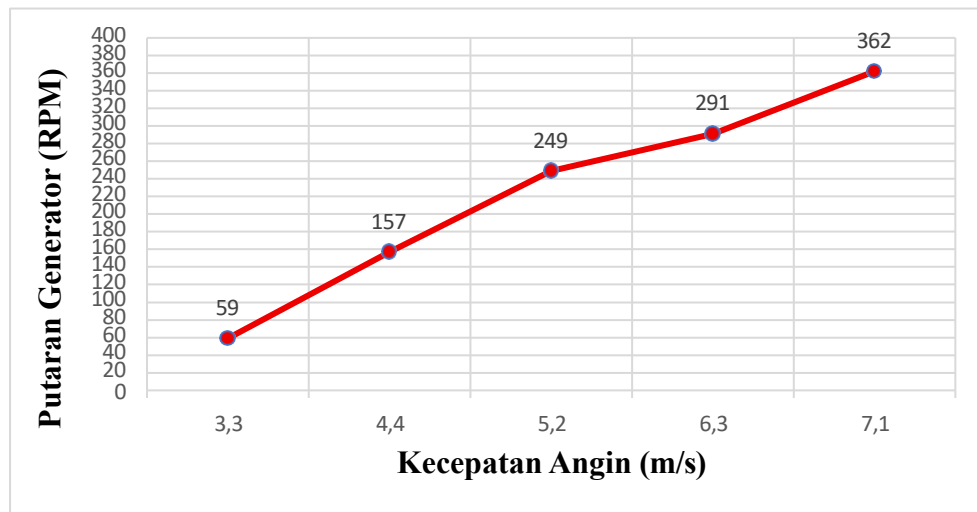
$$P_w = 25,64 \text{ W}$$

Pada kecepatan angin 3,3 m/s, energi kinetik yang tersedia sebesar 2,579 W, sedangkan pada kecepatan angin 7,1 m/s meningkat menjadi 25,64 W. Dengan demikian, kenaikan kecepatan angin sebesar 3,8 m/s menghasilkan peningkatan energi kinetik sekitar 23,061 W. Namun, energi kinetik angin yang dihitung merupakan potensi energi yang tersedia pada aliran angin, bukan seluruhnya menjadi energi listrik. Pada proses konversi energi, sebagian energi akan hilang akibat hambatan udara, gesekan pada komponen mekanik, efisiensi turbin, efisiensi generator, serta *losses* pada sistem kelistrikan. Oleh karena itu, daya listrik yang dihasilkan generator memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan energi kinetik angin yang tersedia.

Hasil perhitungan analisis ini dapat disimpulkan kecepatan angin merupakan faktor utama yang memengaruhi potensi energi yang dapat

dimanfaatkan oleh turbin ventilator. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin besar energi kinetik yang diterima turbin, sehingga semakin besar pula potensi energi mekanik dan energi listrik yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit listrik tenaga angin.

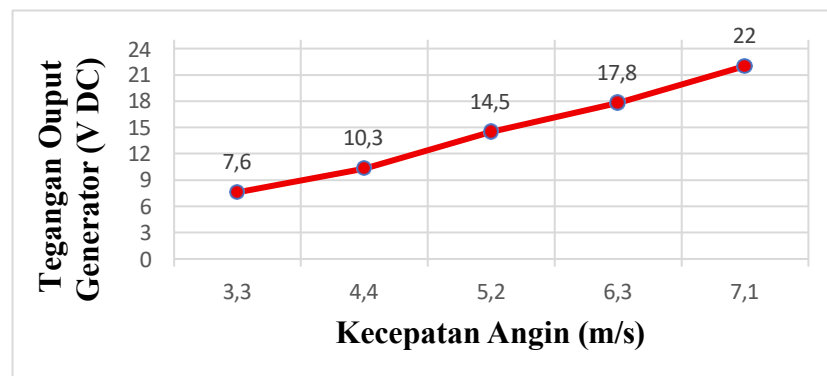
4.3 Pengujian Kecepatan Angin Turbin Ventilator



Gambar 4.3 Grafik hubungan kecepatan angin terhadap putaran generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)

Pada gambar 4.3, generator akan berputar pada kecepatan angin minimal 3 m/s menghasilkan putaran generator 47 rpm dan pada kecepatan angin maksimal 7 m/s menghasilkan putaran angin 249 rpm

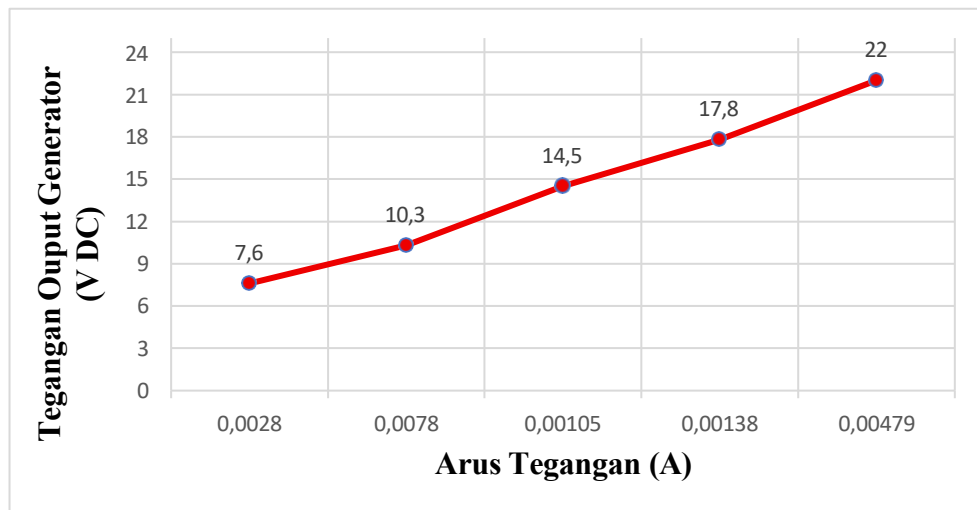
4.4 Pengujian Tegangan *Output* Generator



Gambar 4.4 Grafik hubungan kecepatan angin terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)

Pada gambar 4.4, kecepatan angin 3 m/s sampai 7 m/s generator telah mampu menghasilkan tegangan listrik melebihi 12 V DC. Dari sini dapat diketahui bahwa batas kecepatan angin yang diperlukan agar generator mampu menghasilkan tegangan listrik yang cukup untuk mengisi baterai adalah mulai dari kecepatan 5 m/s sampai 7 m/s.

4.5 Pengujian Arus Tegangan *Prototype*



Gambar 4.5 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)

Pada gambar 4.5, Arus tegangan dengan minimal 0,0028 A sampai dengan arus tegangan maksimal 0,00479 A mampu menghasilkan tegangan 7,6 V DC sampai 22 V DC.

4.6 Pengujian Baterai *Prototype*

Pengujian baterai pada *prototype* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan proses pengisian energi listrik yang dihasilkan oleh turbin ventilator. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan tegangan baterai selama proses pengisian pada beberapa kondisi kecepatan angin.

Pada proses pengujian, baterai terlebih dahulu dikondisikan pada

tegangan tertentu dengan memberikan beban hingga tegangan baterai mengalami penurunan. Setelah itu, beban dan *inverter* dimatikan agar tidak terdapat konsumsi daya selama proses pengisian berlangsung. Selanjutnya, energi listrik yang dihasilkan oleh generator disalurkan menuju sistem pengisian dan kemudian diteruskan ke baterai.

Pengujian ini dilakukan selama 100 menit dan dapat mengisi baterai sebanyak 2,5 V dengan kecepatan angin mulai 3-7 m/s dengan putaran generator dan *output* generator tidak konstan.

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan generator dan tegangan baterai menggunakan multimeter. Selain itu, kecepatan angin diukur menggunakan anemometer untuk mengetahui pengaruh perubahan kecepatan angin terhadap proses pengisian baterai. Pengambilan data dilakukan pada interval waktu tertentu, dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengujian pengisian baterai
Sumber: (Data Pribadi, 2026)

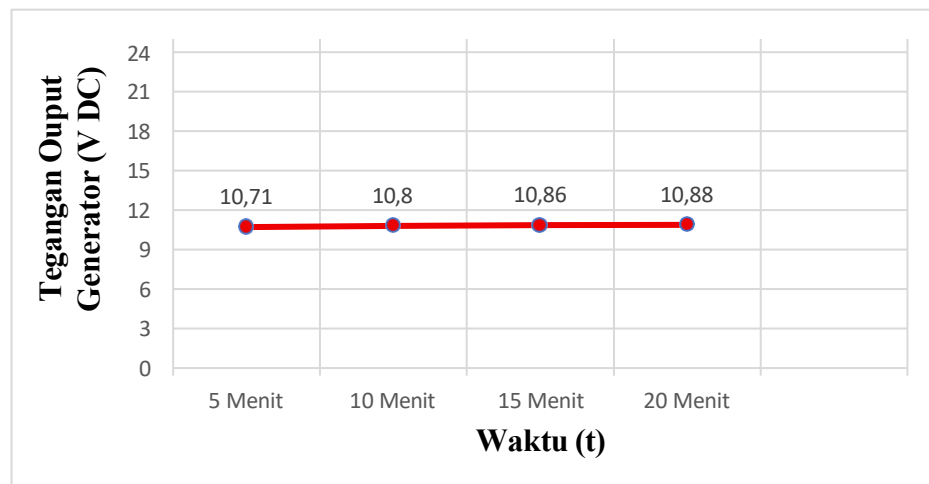
4.6.1 Pengujian Kecepatan Angin 3,3 m/s

Tabel 4.2 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin

Kecepatan Angin (m/s)	Waktu (menit)	Tegangan Baterai Terisi	Tegangan Generator (V)	Kecepatan Putaran Generator (RPM)
3,3	0	10,59	7,6 – 9	0
	5	10,71		59
	10	10,80		57
	15	10,86		52
	20	10,88		54

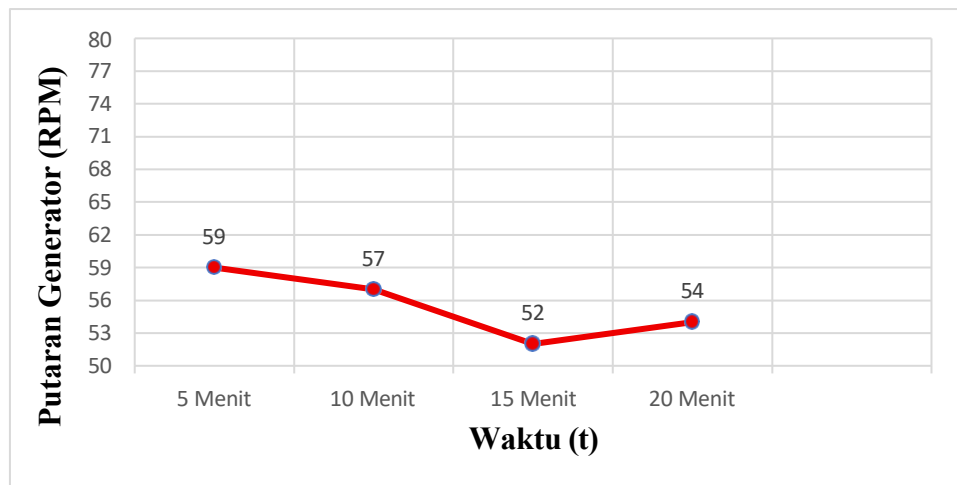
Sumber: (Data Olahan, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator pada kecepatan angin sebesar 3,3 m/s menunjukkan bahwa tegangan baterai mengalami peningkatan secara bertahap selama proses pengujian. Pada menit ke-5, tegangan baterai terukur sebesar 10,71 V dan meningkat menjadi 10,88 V pada menit ke-20. Tegangan generator yang dihasilkan berada pada rentang 7,6–9 V, sedangkan kecepatan putaran generator berada pada rentang 52–59 RPM, selama pengisian menghasilkan 0,29 V dari tegangan awal baterai 10,59 hingga 10,88. Perubahan kecepatan putaran generator selama pengujian dipengaruhi oleh kondisi kecepatan angin yang tidak konstan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran turbin dapat dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik yang kemudian digunakan dalam proses pengisian baterai.



Gambar 4.7 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator

Sumber: (Data Olahan, 2026)



Gambar 4.8 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)

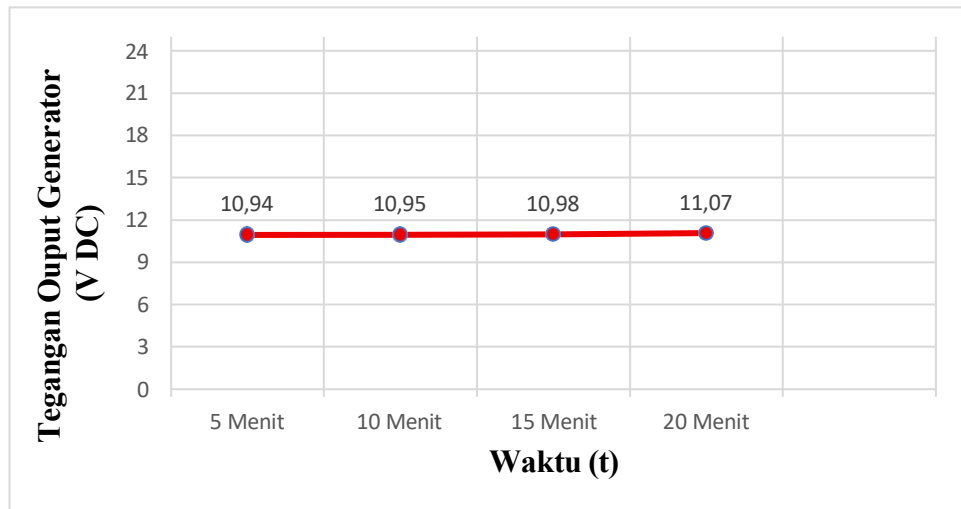
4.6.2 Pengujian Kecepatan Angin 4,4 m/s

Tabel 4.3 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin

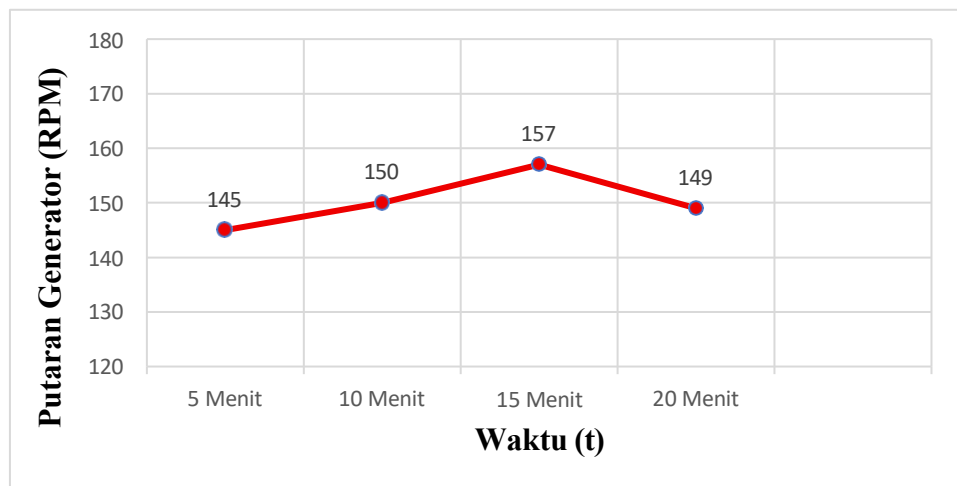
Kecepatan Angin (m/s)	Waktu (menit)	Tegangan Baterai Terisi	Tegangan Generator (V)	Kecepatan Putaran Generator (RPM)
4,4	0	10,92	10,3-12	0
	5	10,94		145
	10	10,95		150
	15	10,98		157
	20	11,07		149

Sumber: (Data Olahan, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.3, hasil pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator pada kecepatan angin sebesar 4,4 m/s menunjukkan bahwa tegangan baterai mengalami peningkatan secara bertahap selama proses pengujian. Pada menit ke-5, tegangan baterai terukur sebesar 10,94 V dan meningkat menjadi 11,07 V pada menit ke-20. Tegangan generator yang dihasilkan berada pada rentang 10,3-12 V, sedangkan kecepatan putaran generator berada pada rentang 145-157 RPM. Perubahan kecepatan putaran generator selama pengujian dipengaruhi oleh kondisi kecepatan angin yang tidak konstan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran turbin dapat dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik yang kemudian digunakan dalam proses pengisian baterai.



Gambar 4.9 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)



Gambar 4.10 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)

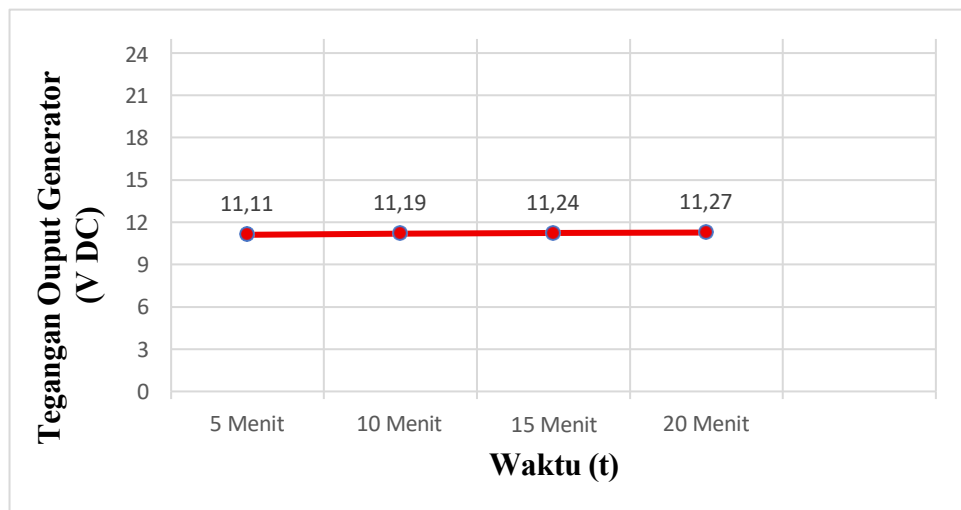
4.6.3 Pengujian Kecepatan Angin 5,2 m/s

Tabel 4.4 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin

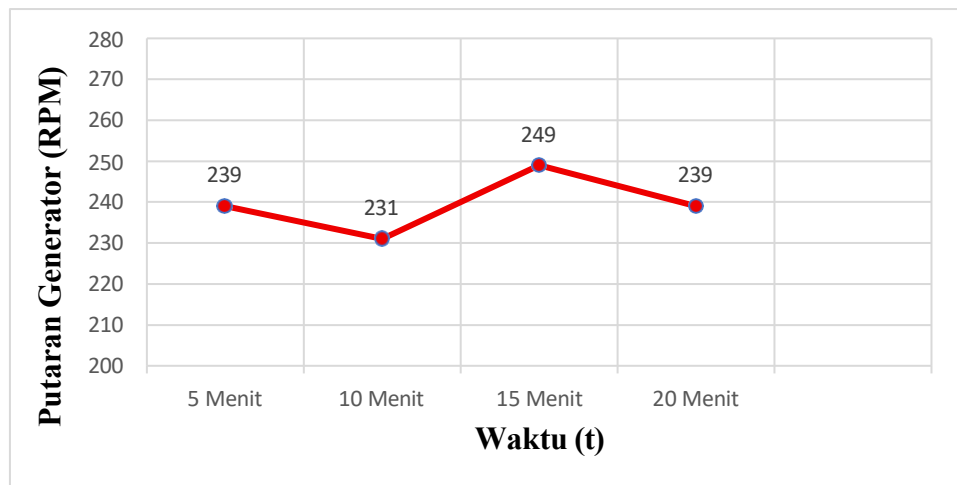
Kecepatan Angin (m/s)	Waktu (menit)	Tegangan Baterai Terisi	Tegangan Generator (V)	Kecepatan Putaran Generator (RPM)
5,2	0	11,07	14 – 16	0
	5	11,11		239
	10	11,19		231
	15	11,24		249
	20	11,27		239

Sumber: (Data Olahan, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.4, hasil pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator pada kecepatan angin sebesar 5,2 m/s menunjukkan bahwa tegangan baterai mengalami peningkatan secara bertahap selama proses pengujian. Pada menit ke-5, tegangan baterai terukur sebesar 11,11 V dan meningkat menjadi 11,27 V pada menit ke-20. Tegangan generator yang dihasilkan berada pada rentang 14-16 V, sedangkan kecepatan putaran generator berada pada rentang 231-249 RPM. Perubahan kecepatan putaran generator selama pengujian dipengaruhi oleh kondisi kecepatan angin yang tidak konstan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran turbin dapat dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik yang kemudian digunakan dalam proses pengisian baterai.



Gambar 4.11 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)



Gambar 4.12 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)

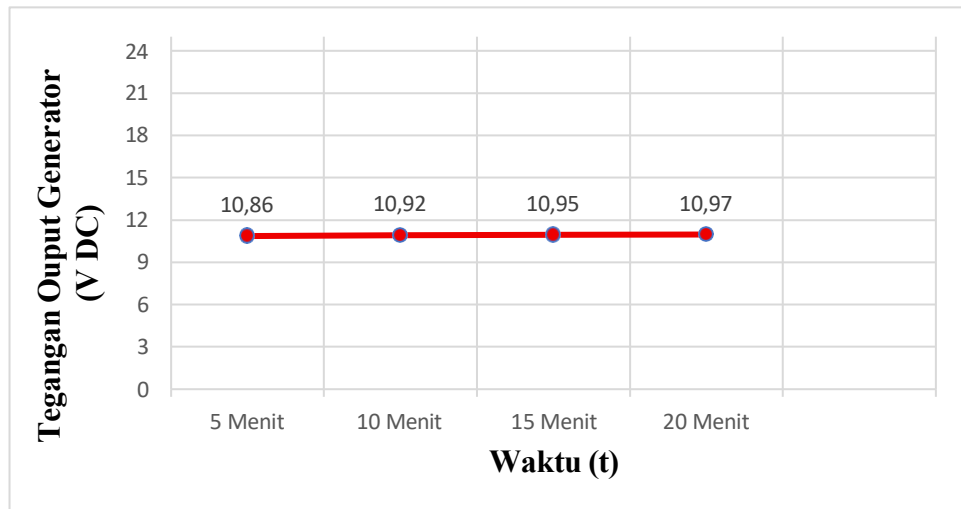
4.6.4 Pengujian Kecepatan Angin 6,3 m/s

Tabel 4.5 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin

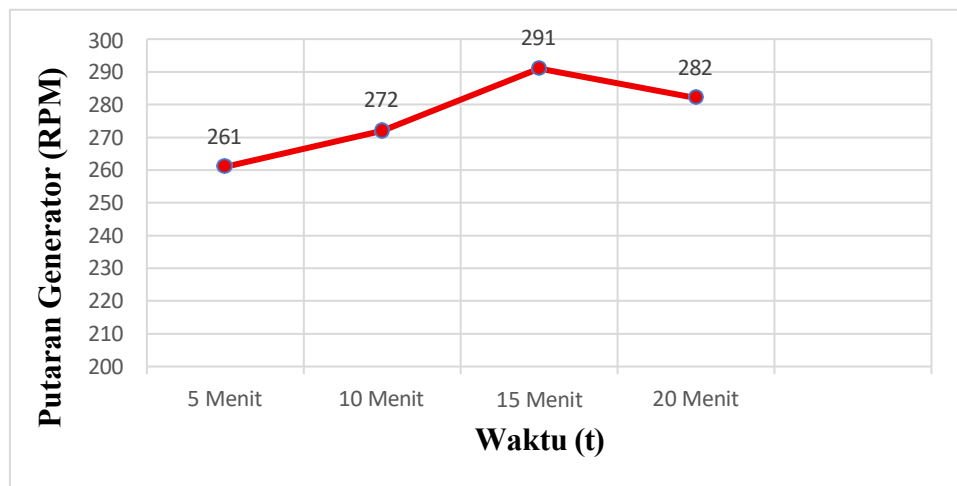
Kecepatan Angin (m/s)	Waktu (menit)	Tegangan Baterai Terisi	Tegangan Generator (V)	Kecepatan Putaran Generator (RPM)
6,3	0	10,54	17,8 – 19	0
	5	10,86		261
	10	10,92		272
	15	10,95		291
	20	10,97		282

Sumber: (Data Olahan, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.5, hasil pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator pada kecepatan angin sebesar 6,3 m/s menunjukkan bahwa tegangan baterai mengalami peningkatan secara bertahap selama proses pengujian. Pada menit ke-5, tegangan baterai terukur sebesar 10,86 V dan meningkat menjadi 10,97 V pada menit ke-20. Tegangan generator yang dihasilkan berada pada rentang 17,8–19 V, sedangkan kecepatan putaran generator berada pada rentang 261–291 RPM. Perubahan kecepatan putaran generator selama pengujian dipengaruhi oleh kondisi kecepatan angin yang tidak konstan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran turbin dapat dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik yang kemudian digunakan dalam proses pengisian baterai.



Gambar 4.13 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)



Gambar 4.14 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)

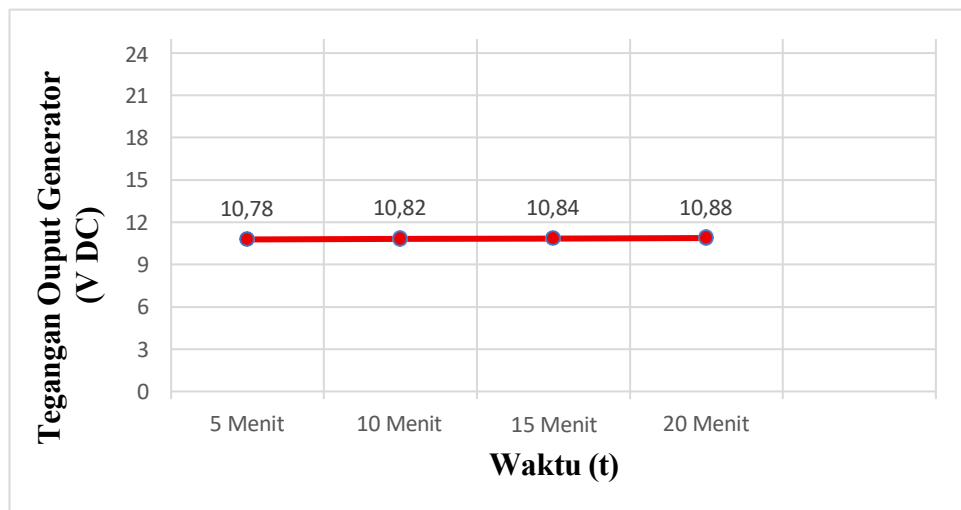
4.6.5 Pengujian Kecepatan Angin 7,1 m/s

Tabel 4.6 Pengujian Baterai Prototipe Pembangkit Tenaga Angin

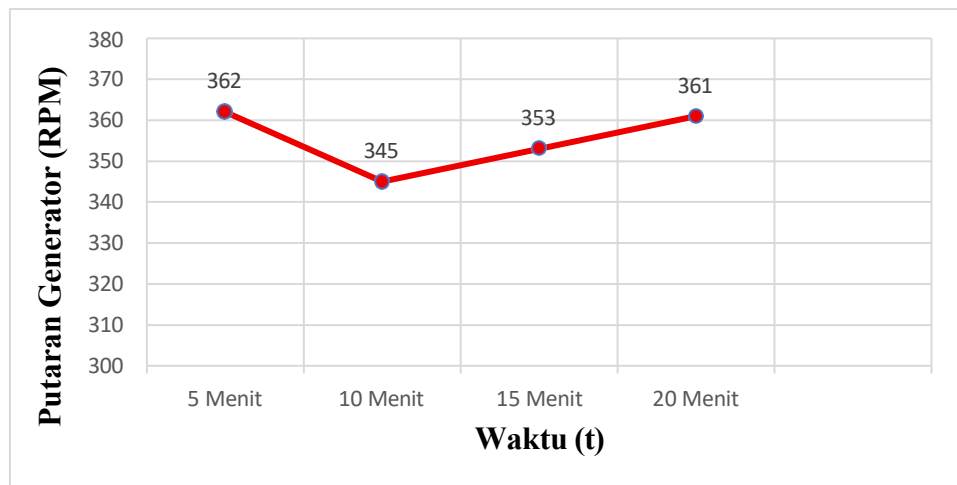
Kecepatan Angin (m/s)	Waktu (menit)	Tegangan Baterai Terisi	Tegangan Generator (V)	Kecepatan Putaran Generator (RPM)
7,1	0	10,65	22 – 24,5	0
	5	10,78		362
	10	10,82		345
	15	10,84		353
	20	10,88		361

Sumber: (Data Olahan, 2026)

Berdasarkan Tabel 4.6, hasil pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator pada kecepatan angin sebesar 7,1 m/s menunjukkan bahwa tegangan baterai mengalami peningkatan secara bertahap selama proses pengujian. Pada menit ke-5, tegangan baterai terukur sebesar 10,78 V dan meningkat menjadi 10,88 V pada menit ke-20. Tegangan generator yang dihasilkan berada pada rentang 22–24,5 V, sedangkan kecepatan putaran generator berada pada rentang 345–362 RPM. Perubahan kecepatan putaran generator selama pengujian dipengaruhi oleh kondisi kecepatan angin yang tidak konstan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran turbin dapat dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik yang kemudian digunakan dalam proses pengisian baterai.



Gambar 4.15 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)



Gambar 4.16 Grafik hubungan arus tegangan terhadap tegangan generator
Sumber: (Data Olahan, 2026)

Dari hasil pengujian diatas menunjukan besar peningkatan tegangan baterai selama pengisian hampir sama dengan pengisian baterai pada kecepatan angin terendah 3,3 m/s.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Prototipe pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator telah berhasil dirancang dan dibuat dengan menggabungkan turbin ventilator, generator DC, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, dan *inverter*. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang diubah menjadi energi mekanik berupa putaran turbin, kemudian dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik DC.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan angin berpengaruh terhadap kecepatan putaran generator dan tegangan keluaran yang dihasilkan. Pada kecepatan angin 3,3 m/s, generator menghasilkan putaran sebesar 59 RPM dan tegangan sebesar 7,6 V. Sedangkan pada kecepatan angin 7,1 m/s, putaran generator meningkat menjadi 362 RPM dengan tegangan keluaran sebesar 22 V. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan angin menyebabkan peningkatan energi mekanik yang diterima turbin sehingga putaran dan tegangan keluaran generator juga cenderung meningkat.
3. Berdasarkan hasil pengujian, tegangan keluaran generator mulai mencapai tegangan di atas 12 V pada kecepatan angin sekitar 5,2 m/s. Pada kondisi tersebut, generator menghasilkan tegangan sebesar 14,5 V dengan kecepatan putaran sebesar 249 RPM. Dengan demikian, kecepatan angin yang lebih sesuai untuk menghasilkan tegangan yang dapat digunakan dalam proses pengisian baterai berada pada kisaran 5,2–7,1 m/s.
4. Hasil analisis daya keluaran generator menunjukkan bahwa daya listrik

yang dihasilkan masih dipengaruhi oleh perubahan kecepatan angin dan arus keluaran generator. Berdasarkan hasil pengukuran, daya keluaran generator berada pada rentang 0,015225 W sampai 0,10538 W. Nilai daya tertinggi diperoleh pada kecepatan angin 7,1 m/s dengan tegangan 22 V dan arus 0,00479 A, sehingga menghasilkan daya sebesar 0,10538 W.

5. Pengujian pengisian baterai menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan tegangan baterai secara bertahap. Pada pengujian selama 20 menit, peningkatan tegangan baterai berbeda-beda sesuai dengan kondisi kecepatan angin. Pada kecepatan angin 3,3 m/s, tegangan baterai meningkat dari 10,71 V menjadi 10,88 V. Pada kecepatan angin 4,4 m/s, tegangan baterai meningkat dari 10,94 V menjadi 11,07 V. Pada kecepatan angin 5,2 m/s, tegangan baterai meningkat dari 11,11 V menjadi 11,27 V. Sedangkan pada kecepatan angin 6,3 m/s dan 7,1 m/s, tegangan baterai masing-masing meningkat dari 10,86 V menjadi 10,97 V dan dari 10,78 V menjadi 10,88 V.
6. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator telah mampu menghasilkan energi listrik dan melakukan proses pengisian pada baterai. Namun, proses pengisian masih berlangsung secara perlahan karena arus keluaran generator yang dihasilkan masih relatif kecil dan kondisi kecepatan angin selama pengujian tidak selalu konstan.
7. Secara keseluruhan, prototipe yang dirancang telah mampu menunjukkan bahwa turbin ventilator dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif pembangkit listrik tenaga angin skala kecil. Sistem ini dapat mengubah energi angin menjadi energi listrik yang dapat disimpan pada baterai dan selanjutnya dimanfaatkan untuk menyuplai beban listrik melalui *inverter*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian

selanjutnya, yaitu:

1. Pengembangan selanjutnya dapat menggunakan generator yang memiliki karakteristik dan kapasitas daya yang lebih sesuai dengan putaran turbin ventilator sehingga energi mekanik yang dihasilkan dapat dikonversikan menjadi energi listrik secara lebih optimal.
2. Sistem transmisi antara turbin dan generator perlu dikaji dan dikembangkan lebih lanjut. Penggunaan rasio transmisi yang sesuai dapat meningkatkan kecepatan putaran generator sehingga tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan menjadi lebih besar.
3. Sistem pengisian baterai dapat dikembangkan menggunakan charge controller yang dirancang khusus untuk aplikasi pembangkit listrik tenaga angin agar proses pengisian dapat bekerja lebih optimal pada kondisi kecepatan angin yang berubah-ubah.
4. Pengujian sebaiknya dilakukan dalam waktu yang lebih lama dan pada berbagai kondisi kecepatan angin agar diperoleh data yang lebih banyak dan lebih akurat mengenai karakteristik kinerja turbin ventilator.
5. Pengukuran arus keluaran generator perlu dilakukan menggunakan alat ukur yang memiliki tingkat ketelitian lebih tinggi karena nilai arus yang dihasilkan relatif kecil. Hal ini diperlukan agar perhitungan daya keluaran generator dapat dilakukan dengan lebih akurat.
6. Pada penelitian selanjutnya, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sistem monitoring berbasis mikrokontroler sehingga parameter seperti kecepatan angin, RPM, tegangan, arus, daya, dan tegangan baterai dapat dipantau dan direkam secara otomatis.
7. Pengembangan lebih lanjut juga dapat dilakukan dengan meningkatkan kapasitas baterai dan menyesuaikan daya *inverter* dengan daya keluaran sistem, sehingga energi listrik yang tersimpan dapat dimanfaatkan secara lebih efektif untuk menyuplai beban listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ivannuri, F., Subiyanto, L., & Nugraha, A. T. (2022). *Prototype Turbin Ventilator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Journal of Computer Electronic and Telecommunication*, 3(2), 1–8.
<https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.189>
- Manurung, D., & Rangkuti, C. (2021). Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Rumah Tanggal Di Karawang, Jawa Barat. *Metrik Serial Teknologi Dan Sains*, 2(2), 76–82.
- Pratama, M. F. P., Sulistyowati, R., Erwanti, N. S., & Sujono, A. (2024). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Ventilator dengan Buck-Boost Converter. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 2685, 1–9.
- Roynaldo, T. (2022). *RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 100WP (PLTS) SISTEM OFF GRID*. 41.
[http://digilib.unila.ac.id/72852/3/TUGAS AKHIR TANPA BAB PEMBAHASAN](http://digilib.unila.ac.id/72852/3/TUGAS%20AKHIR%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN).
- Saoda, S., & Utami, S. (2019). Perancangan Sistem Grid Tie *Inverter* pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(2), 339–350.
<https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i2.339>
- Sudirman S, Kurniati, S., & Ikram Arifin, M. A. (2020). ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU MENGGUNAKAN TURBIN SAVONIUS. *Jurnal Media Elektro*, IX(1), 29–36.
- Suryadi, A., Asmoro, P. T., & Raihan, R. (2019). Pemanfaatan Turbin Ventilator sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 4(2502), 15–19. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v4i0.4124>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses perancangan

