

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM ENERGI *HYBRID*
TURBIN ANGIN, *SOLAR CELL* DAN *PIEZOELEKTRIK* DI
ATAS KAPAL**



DAFFA MAULANA RULIANTO
09.21.003.103

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM ENERGI *HYBRID*
TURBIN ANGIN, *SOLAR CELL* DAN *PIEZOELEKTRIK* DI
ATAS KAPAL**



DAFFA MAULANA RULIANTO
09.21.003.103

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : DAFFA MAULANA RULIANTO
Nomor Induk Taruna : 09.21.005.103
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

**"RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM ENERGI *HYBRID* TURBIN
ANGIN, *SOLAR CELL* DAN *PIEZOELEKTRIK* DI ATAS KAPAL"**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam Karya Ilmiah Terapan tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi. Yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 10 Juli 2025



DAFFA MAULANA RULIANTO
NIT. 0921005103

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM ENERGI
HYBRD TURBIN ANGIN, *SOLAR CELL* DAN
PIEZOELEKTRIK DIATAS KAPAL

Program Studi : Tcknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : DAFFA MAULANA RULIANTO

NIT : 09.21.005.1.03

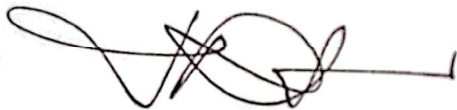
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Proposal Tugas Akhir

Surabaya, Desember 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

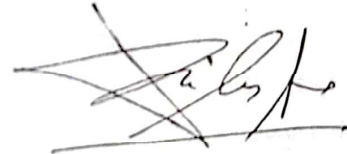


SRI MULYANTO H. S.T., M.T.

Pembina (VI/a)

NIP. 197204181998031000

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir Prihastono

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd

Penata Tk. 1 (III/d)

NIP. 19800517200502103

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM ENERGI
HYBRD TURBIN ANGIN, *SOLAR CELL* DAN
PIEZOELEKTRIK DIATAS KAPAL

Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : DAFFA MAULANA RULIANTO

NIT : 09.21.005.1.03

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 9 Juli 2025

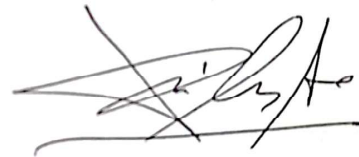
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

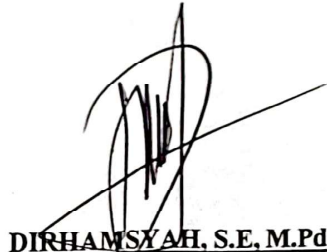


SRI MULYANTO H, S.T., M.T.
Pembina (VI/a)
NIP. 197204181998031000



Dr. Ir Prihastono

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd
Penata Tk. 1 (III/d)
NIP. 1975043020021212

PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM ENERGI *HYBRID* TURBIN
ANGIN, *SOLAR CELL* DAN *PIEZOELEKTRIK* DIATAS KAPAL

Disusun oleh:

DAFFA MAULANA RULIANTO

NIT. 09.21.005.1.03

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Proposal Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 6 Januari 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

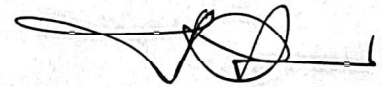
Dosen Penguji III



Dr AGUS DWI SANTOSO, S.T., M.T.M.Pd
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197808192000031001



DYAH RATNANINGSIH, S.S., M.Pd
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 1980030220050220001



SRI MULYANTO H, S.T., M.T.
Pembina (VI/a)
NIP. 197204181998031000

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAM SYAH, S.E., M.Pd
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197504302002121002

PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM ENERGI *HYBRID* TURBIN
ANGIN, *SOLAR CELL* DAN *PIEZOELEKTRIK* DIATAS KAPAL**

Disusun oleh:

DAFFA MAULANA RULIANTO

NIT. 09.21.005.1.03

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 21 Juli 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



Dr AGUS DWI SANTOSO, S.T., M.T.M.Pd

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197808192000031001



DYAH RATNANINGSIH, S.S., M.Pd

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 1980030220050220001



SRI MULYANTO H, S.T., M.T.

Pembina (VI/a)

NIP. 197204181998031000

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197504302002121002

ABSTRAK

DAFFA MAULANA RULIANTO, Sistem Rancang Bangun *Prototype* Energi Listrik *Hybrid* Menggunakan Panel Surya, Turbin Angin, & Piezoelektrik Diatas Kapal dibimbing oleh Bapak Sri Mulyanto H, S.T. , M.T. dan Bapak Dr. Ir. Prihastono. M.T.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah prototype sistem energi hybrid di atas kapal yang mengintegrasikan tiga sumber energi terbarukan, yaitu panel surya, turbin angin, dan sensor piezoelektrik. Sistem ini dikembangkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta mendukung efisiensi dan keberlanjutan energi kelistrikan di lingkungan maritim. Panel surya berkapasitas 50 Wp digunakan untuk menyerap energi matahari, turbin angin tipe Savonius straight-bladed menangkap energi angin, dan sensor piezoelektrik yang dimodifikasi menjadi karpet menghasilkan energi dari tekanan pijakan awak kapal. Sistem dikendalikan secara otomatis menggunakan mikrokontroler dan dimonitor melalui aplikasi Kodular. Pengujian dilakukan secara statis dan dinamis di lingkungan terbuka dengan karakteristik panas dan angin semilir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya merupakan pembangkit paling optimal, dengan tegangan tertinggi mencapai 16,5 volt pada siang hari dengan cuaca cerah. Turbin angin menghasilkan tegangan stabil sekitar 6–7,3 volt pada kecepatan angin rata-rata 3–4 knot. Sensor piezoelektrik memberikan tegangan tambahan sekitar 2–2,25 volt, bergantung pada berat dan intensitas pijakan. Dengan demikian, sistem hybrid ini mampu menyuplai energi secara berkelanjutan, dan panel surya menjadi komponen utama yang paling efisien dalam menyuplai daya listrik. Sistem ini berpotensi menjadi solusi energi ramah lingkungan untuk kebutuhan kelistrikan ringan di atas kapal.

Kata kunci : Energi hybrid, panel surya, turbin angin, piezoelektrik, kapal, sistem otomatis.

ABSTRACT

DAFFA MAULANA RULIANTO, *The Design and Development of a Hybrid Electric Energy Prototype System Using Solar Panels, Wind Turbines, and Piezoelectric Sensors on Ships, supervised by Mr. Sri Mulyanto H., S.T., M.T. and Dr. Ir. Prihastono, M.T.*"

This study aims to design and develop a prototype of a hybrid energy system on a ship that integrates three renewable energy sources: solar panels, wind turbines, and piezoelectric sensors. The system was developed to reduce dependence on fossil fuels and to support energy efficiency and sustainability in maritime electrical systems. A 50 Wp solar panel is used to capture solar energy, a straight-bladed Savonius wind turbine converts wind energy, and piezoelectric sensors—modified into floor mats—generate electricity from the pressure of crew footsteps. The system operates automatically, controlled by a microcontroller, and monitored in real-time using the Kodular application. Testing was conducted both statically and dynamically in an open environment characterized by strong sunlight and mild wind. The results showed that the solar panel was the most optimal energy source, achieving the highest voltage of 16.5 volts during sunny daytime conditions. The wind turbine produced stable voltages ranging from 6 to 7.3 volts at average wind speeds of 3–4 knots. Meanwhile, the piezoelectric sensors contributed additional voltage of around 2 to 2.25 volts, depending on the weight and pressure of footsteps. Overall, the hybrid system was able to provide a continuous energy supply, with the solar panel serving as the most efficient and dominant component. This system has the potential to be an environmentally friendly solution for meeting light electricity demands on ships.

Keywords : *Hybrid energy, solar panel, wind turbine, piezoelectric, ship, automated system.*

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa oleh karena limpahan rahmat-Nya dan kesehatan penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM ENERGI *HYBRID* TURBIN ANGIN, *SOLAR CELL* DAN *PIEZOELEKTRIK* DIATAS KAPAL**” dapat dilaksanakan dengan baik.

Penelitian ini diselesaikan dengan baik tentunya atas dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi serta penelitian ini dapat dilaksanakan, antara lain kepada:

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya, Bapak Moejiono, M.T, M.Mar.E
2. Ketua Prodi Jurusan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal Bapak Dirhamsyah, S.E, M.Pd
3. Bapak Sri Mulyanto Herlambang, S.T.,M.T.. selaku dosen pembimbing I. serta Bapak Dr Ir Prihastono M.T., selaku dosen pembimbing II.
4. Kedua orang tua tercinta Arianto dan Nurul Chusna Puji Astuti yang senantiasa memberikan dukungan berupa doa, moral, dan material.
5. Teman-teman angkatan XL Politeknik Pelayaran Surabaya yang selalu memberi dukungan
6. Kepada seluruh crew MV. Dharma Lautan Intan yang sudah memberikan banyak ilmu dan pembelajaran .

Penulis menyadari bahwa penulisan Karya Ilmiah Terapan ini terdapat kekurangan, sehingga penulis memohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun senantiasa penulis harapkan agar kedepannya menjadi lebih baik

Daffa Maulana Rulianto
NIT. 09.21.005.2.03

DAFTAR ISI

JUDUL	1
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR HASIL.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL.....	v
LEMBAR PENGESAHAN SEMINAR HASIL	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>.....	<i>viii</i>
KATA PENGANTAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	4
B. Landasan Teori.....	9
1. Panel Surya	10
2. Sollar Charger Controller	11
3. Turbin Angin.....	12
5. Aki	15
6. Sensor Piezo Elektrik	15

7. Dioda.....	16
8. Kapasitor.....	17
C. Kerangka Penelitian.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
A. Perancangan Sistem.....	19
a. Turbin Angin.....	20
b. Solar Cell (Panel Surya).....	20
c. Sensor Piezoelektrik	20
d. Pengendali/Charge Controller	20
e. Baterai Penyimpanan Energi.....	20
f. Sistem Distribusi Listrik	21
B. Perancangan Alat.....	21
1. Panel Surya	21
2. Turbin Angin.....	22
3. Sensor Piezoelektrik	25
C. Rencana Pengujian.....	29
D. Pengujian Alat.....	29
BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA	30
A. Uji Coba Alat.....	30
1. Pengujian Statis	30
2. Hasil Data statis	33
3. Perancangan Prototype	38
B. Analisis Data	54

BAB V PENUTUP.....	56
A. Kesimpulan.....	56
B. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable.....	10
Gambar 2. 2 Solar Charger Controller.....	12
Gambar 2. 3 Turbin Angin	13
Gambar 2. 4 Generator DC.....	14
Gambar 2. 5 Aki	15
Gambar 2. 6 Desain Sensor Piezo.....	16
Gambar 2. 7 Dioda Zener	17
Gambar 2. 8 Desain Kapasitor.....	17
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	18
Gambar 3. 2 Diagram Perancangan Sistem.....	19
Gambar 3. 3 Desain Panel Surya.....	21
Gambar 3. 4 Rangkaian Elektrik System Panel Surya.....	22
Gambar 3. 5 Varian Turbin Angin Sumbu Vertical	23
Gambar 3. 7 Desain Produk Sensor Piezo	25
Gambar 3. 8 Diagram Langkah Penelitian	26
Gambar 3. 9 Wiring Diagram Piezoelektrik	27
Gambar 3. 10 Rangkaian Seri.....	28
Gambar 3. 11 Puluhan sensor piezoelektrik dimodifikasi menjadi satu	28
Gambar 4.1 Tegangan Turbin Angin yang masuk dan terlihat pada display panel dan aplikasi kodular.....	31
Gambar 4.2 Tegangan Solar cell yang masuk dan terlihat pada display panel dan aplikasi kodular	31
Gambar 4.3 Tegangan Piezoelektrik yang masuk dan terlihat pada display panel dan aplikasi kodular.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Riview Jurnal Penelitian	4
Tabel 4. 1 Pengujian Statis Turbin Angin	33
Tabel 4. 2 Pengujian Statis Panel Surya	35
Tabel 4. 3 Pengujian Statis Piezo Elektrik Berdasarkan Berat Badan	37
Tabel 4. 4 Dokumentasi Pengujian Sistem Energy Hybrid (Solar Cell. Turbin Angin, PiezoElektrik).....	40
Tabel 4. 5 Pengujian Solar Cell pada Hari Senin (Cerah Penuh).....	44
Tabel 4. 6 Pengujian Solar Cell pada Hari Selasa (Cerah Berawan).....	45
Tabel 4. 7 Pengujian Solar Cell pada Hari ke-3 Rabu (Cerah Penuh)	45
Tabel 4. 8 Pengujian Solar Cell pada Hari ke- 4 Kamis (Mendung Pagi)	45
Tabel 4. 9 Pengujian Solar Cell pada Hari ke- 5 Jum'at (Gerimis Hujan).....	46
Tabel 4. 10 Pengujian Solar Cell pada Hari ke- 6 Sabtu (Berawan Sepanjang Hari)	46
Tabel 4. 11 Pengujian Solar Cell pada Hari ke- 7 Minggu (Cerah Sebagian)	47
Tabel 4. 12 hasil rata rata pengujian solar cell selama 7 hari.....	47
Tabel 4. 13 Hasil Data Turbin Angin pada Hari Ke-1 Senin 6 Januari 2025	49
Tabel 4. 14 Hasil Data Turbin Angin pada Hari Ke-2 Selasa 7 Januari 2025	49
Tabel 4. 15 Hasil Data Turbin Angin pada Hari Ke-3 Rabu 8 Januari 2025	50
Tabel 4. 16 Hasil Data Turbin Angin pada Hari Ke-4 Kamis 9 Januari 2025	50
Tabel 4. 17 Hasil Data Turbin Angin pada Hari Ke-5 Jumat 10 Januari 2025	51
Tabel 4. 18 Hasil Data Turbin Angin pada Hari Ke-6 Sabtu 11 Januari 2025	51
Tabel 4. 19 Hasil Data Turbin Angin pada Hari Ke-7 Minggu 12 Januari 2025	52
Tabel 4. 20 Hasil data pengujian dinamis piezo elektrik.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi terbarukan adalah energi yang diperoleh dari sumber daya alam non-fosil yang dapat diperbarui dan dikelola secara terus-menerus. Sumber energi ini mencakup cahaya matahari, kecepatan angin, air, serta energi yang dapat diperoleh dari aktivitas manusia (Lubis, 2007). Saat ini, energi terbarukan semakin banyak digunakan karena efisiensinya yang tinggi dan hasilnya yang optimal dalam berbagai bidang, termasuk kelistrikan kapal. Energi terbarukan dapat pula dikombinasikan dalam sistem hybrid, yakni penggabungan dua atau lebih pembangkit untuk meningkatkan keandalan pasokan energi (Sihombing, 2022).

Di lingkungan pelayaran, konsumsi energi sangat besar, khususnya untuk sistem navigasi, komunikasi, penerangan, dan operasi kapal lainnya. Penggunaan bahan bakar fosil yang dominan menyebabkan polusi dan biaya operasional tinggi. Sementara itu, kondisi di laut menyimpan potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan, seperti kecepatan angin yang stabil di permukaan laut serta paparan sinar matahari yang kuat. Namun, kedua sumber ini sangat bergantung pada kondisi cuaca yang berubah-ubah, sehingga dapat mengganggu kestabilan suplai kebutuhan Listrik diatas kapal. Menghadapi tantangan tersebut, diperlukan inovasi dalam bentuk *sistem energi hybrid* yang lebih adaptif dan efisien. Dalam penelitian ini, peneliti menggabungkan tiga sumber energi: panel surya monokristalin untuk

memanfaatkan energi matahari, turbin angin Savonius tipe straight-bladed untuk memanfaatkan kecepatan angin, serta sensor *piezoelektrik* yang dikonversi menjadi karpet pada jalur pijakan awak kapal untuk menghasilkan energi dari tekanan kaki. Teknologi piezoelektrik dipilih karena mampu menghasilkan listrik dari tekanan mekanik, sehingga dapat berfungsi sepanjang waktu dan tidak tergantung pada cuaca (Billah & Rochman, 2023).

Adapun alasan kuat peneliti merancang dan membangun alat ini adalah karena minimnya penerapan sistem hybrid skala kecil di atas kapal yang mengintegrasikan sumber energi terbarukan dan alternatif secara otomatis serta dapat dimonitor secara real-time. Sistem yang dikembangkan juga dilengkapi dengan aplikasi monitoring Kodular, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi tegangan dan arus listrik dari masing-masing sumber energi setiap saat. Dengan memanfaatkan sumber daya alam secara optimal dan berkelanjutan, prototype ini diharapkan dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan, efisien, serta mendukung transisi energi bersih di sektor kemaritiman dan pelayaran.

B. Rumusan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan pembahasan pada bab-bab selanjutnya. Karena itu, peneliti mengangkat beberapa masalah yang akan dicari solusinya. Ada beberapa masalah yang diangkat peneliti sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun sistem alat solar panel, turbin angin dan piezoelektrik yang dapat beroperasi di atas kapal dengan sistem *hybrid*?
2. Bagaimana rancang bangun prototype energi terbarukan dapat menyerap daya dan bekerja dengan optimal di atas kapal?

C. Tujuan Penelitian

Dari berbagai masalah, dapat dibuat kesimpulan tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui rancang bangun dan desain terkait alat panel surya dan turbin angin dan energy alternatif sensor piezoelektrik
2. Untuk mengetahui cara kerja pembangkit Listrik secara hybrid.
3. Untuk mengetahui efisiensi energi terbarukan dalam pemanfaatan sistem kelistrikan di atas kapal.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan ada dipenelitian mengenai perancangan prototype

1. Pada penelitian prototype ini, menggunakan panel dengan kapasitas 50Wp
2. Pada penelitian Prototype ini akan menggunakan turbin dengan jenis savonius dengan model straight blade
3. Peneliti akan menggunakan sensor piezo dengan jumlah 50 sensor dengan perancangan paralel

E. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan ilmu pengetahuan bagi penulis yang dipelajari di kampus mengenai pemanfaatan alam sebagai energi terbarukan.
2. Diharapkan bisa meimplementasikan hasil pembelajaran di Politeknik Pelayaran Surabaya dalam mata kuliah jaringan sistem nirkabel.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Setiap penelitian umumnya didasarkan pada penelitian terdahulu yang dijadikan referensi. Hal ini bertujuan untuk memperkuat landasan teori dan metodologi, sehingga penelitian terbaru dapat dikembangkan menjadi lebih baik, relevan, dan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan serta kebutuhan zaman yang terus berubah.

Tabel 2.1 Riview Jurnal Penelitian
Sumber : Dokumen Penelitian

Nama	Judul	Metode	Hasil Penelitian
Achmad Imam Agung, Mahendra Widyartono, Subuh Isnur Haryudo S1Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas negeri Surabaya, Jurnal Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, Volume& Nomor: Vol. 10 No. 1, 26 Agustus 2020	Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable	Penelitian ini dapat menggunakan metodeeksperimen, yang pada dimana merupakan dalam pendekatan penting dalam dan sebuah pengembangan ilmu pengetahuan dan pada teknologi secara aman dan bermanfaat bagi masyarakat.	Penelitian ini dalam mengenai pembangkit energi listrik surya portabel menghasilkan dua jenis dan keluaran, yaitu tegangan dan arus dari panel surya, serta hasil yang dapat konsumsi daya oleh beban yang dapat ditampilkan pada tabel listrik tenaga surya portable ini sangat efektif dan digunakan untuk daerah-daerah terpencil dan daerah dengan akses terbatas terhadap suatu listrik. Sistem ini tidak hanya di berikan solusi terhadap keterbatasan pasokan energi listrik, tetapi juga mendukung penggunaan dari pada Energi baru ramah di lingkungan. Dan tentu listrik tenaga surya portable sangat efektif dengan sebuah metode eksperimen.

Nama	Judul	Metode	Hasil Penelitian
Agus Nurdyanto Subuh Isnur Haryudo Jurnal Teknik Elektro volume 9, nomor 1, tahun 2020	Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang difokuskan pada perancangan prototipe pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin tipe Savonius. Proses penelitian diawali dengan menelaah berbagai referensi yang relevan, termasuk jurnal ilmiah. Tahap berikutnya adalah merancang perangkat keras	Proses ini pengambilan data dilakukan dengan mencatat di kecepatan angin selama periode 6 jam menggunakan alat anemometer, dengan interval dan dalam satu pengukuran setiap satu jam. Setelah data pada kecepatan angin yang diperoleh, dalam suatu sistem dihubungkan ke aki berkapasitas 3,5 Ah. Tegangan dan arus pengisian lanjut untuk diukur menggunakan multimeter.
Mussafa Billah Sagita Rochman Program Studi Teknik Elektro, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Indonesia Vol. 1 No. 1 (2023) Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri(SEMNASTI)	Rancang Bangun Lantai Penghasil Listrik Energi Pijakan Kaki Menggunakan Generator Dc	Pada Penelitian ini mengukur efisiensi lantai sebagai penghasil kelistrik energi pijakan kaki menggunakan generator DC dan piezoelektrik,dalam menghitung arus dan tegangan yang dihasilkan.	Hasil dan evaluasi pada Produk dengan tujuan untuk menilai apakah produk sudah dapat digunakan dengan baik optimal masih juga Memerlukan sebuah perbaikan. Pada Hasil produk menunjukkan bahwa rancang Bangun lantai pehasil listrik ini dapat berfungsi untuk alternatif dan juga sebagai sumber energi didalam kelistrikan ini terbarukan berskala kecil, pada dengan memanfaatkan dalam tekanan mekanik dari pijakan kaki manusia, baik pada anak tangga maupun diarea dengan mobilitas manusia tinggi, seperti berada di fasilitas umum.

Dari hasil review penelitian sebelumnya, pada Penelitian berjudul "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable" dilaksanakan menggunakan pendekatan eksperimen. Metode ini penting dalam pengembangan ilmu dan teknologi karena memungkinkan pengujian langsung

untuk menghasilkan temuan yang bermanfaat serta aman digunakan oleh masyarakat. Dalam konteks pendidikan, pendekatan eksperimental juga mendorong keterlibatan aktif siswa atau mahasiswa dalam membuktikan hasil percobaan secara nyata (Sumantri, 1997:157). Alasan utama pelaksanaan penelitian ini adalah karena posisi geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, menjadikannya wilayah dengan potensi energi matahari yang tinggi. Oleh karena itu, pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber listrik alternatif sangat relevan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pasokan listrik dari PLN. Tujuan peneliti yang utama adalah untuk merancang desain prototype pembangkit listrik

tenaga surya portable dengan tujuan dapat mengetahui kinerja alat tersebut.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, di mana pengujian dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data yang valid mengenai performa alat. Setelah peneliti melakukan kajian dan pengujian data, data yang diperoleh menunjukkan bahwa pengisian accu mencapai 13.40 V dengan menggunakan accu 10 Ah. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa accu dapat bertahan selama 6 jam penuh dengan diberi beban 3 buah lampu LED masing-masing 5 watt. Data ini menunjukkan bahwa prototype pembangkit listrik solar cell ini dirancang memiliki kinerja yang cukup baik dalam menyuplai daya untuk kebutuhan listrik di lokasi yang tidak terjangkau

listrik tenaga surya portable sangat efektif digunakan untuk daerah-daerah terpencil dan daerah dengan akses terbatas terhadap listrik. Sistem ini tidak hanya memberikan solusi terhadap keterbatasan pasokan energi listrik, tetapi juga mendukung penggunaan energi terbarukan yang ramah lingkungan.

Penelitian ini menjadi langkah awal untuk pengembangan lebih lanjut dalam menciptakan pembangkit listrik tenaga surya yang lebih efisien dan dapat diakses oleh lebih banyak masyarakat.

Selanjutnya, pada penelitian kedua dengan judul *Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius*, Penelitian ini menerapkan metode eksperimen sebagai pendekatan utama, karena dinilai paling sesuai untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Metode ini memungkinkan peneliti untuk menguji secara langsung konsep dan desain sistem yang dikembangkan. Fokus utama dari penelitian ini adalah merancang dan menghasilkan sebuah prototipe pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan turbin tipe Savonius. Pemilihan model turbin ini didasarkan pada kemampuannya beroperasi pada kecepatan angin rendah dan desain yang sederhana, sehingga cocok untuk skala kecil dan dapat diterapkan di berbagai kondisi lingkungan.

Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini untuk menguji dan menganalisis kinerja Prototipe pembangkit listrik tenaga angin yang telah dirancang kemudian diuji untuk mengetahui kinerjanya dalam kondisi angin nyata. Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan bahwa pada rata-rata kecepatan angin sebesar 5,6 m/s, tegangan yang dihasilkan mencapai 12,6 volt dengan arus pengisian sebesar 0,12 ampere. Sementara itu, ketika kecepatan angin sedikit menurun menjadi rata-rata 5,4 m/s, tegangan pengisian tercatat sebesar 12,5 volt dengan arus tetap di angka 0,12 ampere. Hal ini menunjukkan bahwa sistem masih mampu menghasilkan output yang relatif stabil meskipun terjadi sedikit variasi pada kecepatan angin, sehingga

cocok digunakan di wilayah dengan intensitas angin sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa turbin Savonius yang digunakan dapat menghasilkan energi listrik meskipun kecepatan angin tidak terlalu tinggi.

Dalam pengujian selanjutnya, pengisian aki dalam kapasitas 12 volt, 3,4 Ah dapat menunggu waktu dalam kurun 29 jam untuk terisi penuh. Battery ini kemudian diuji dan diberi beban yang berupa lampu DC dengan daya 9-10 watt, dan lampu dapat menyala kurang lebih selama 15 jam, lampu DC 4-5 watt yang dapat bertahan selama 38 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa prototype pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin Savonius dapat memberikan solusi yang efektif dalam pemenuhan arus listrik di daerah yang berpotensi ada angin kencang, tentunya dapat mendukung penggunaan energi terbarukan secara efisien.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga angin berbasis turbin Savonius yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan energi listrik skala kecil, terutama di daerah yang memiliki potensi angin yang memadai. Hasil pengujian ini juga membuka berbagai peluang yang dapat mengembangkan dan menciptakan sistem pembangkit listrik tenaga angin yang lebih efisien dan dapat diandalkan. Pada review penelitian jurnal **Rancang Bangun Lantai Penghasil Listrik Energi Pijakan Kaki Menggunakan Generator DC**, penelitian ini bertujuan untuk membuat alat penghasil energi listrik yang memanfaatkan energi dari pijakan kaki untuk menggerakkan generator DC yang diletakkan di lantai. Dalam proses pembuatan alat tersebut, diperlukan metode eksperimental, di mana perancangan serta percobaan dilakukan secara

langsung berdasarkan kajian teoritis dari berbagai literatur. Hal ini bertujuan agar alat yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik dan memenuhi tujuan yang diharapkan. Dari hasil pembuatan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi yang baik sebagai langkah awal dalam penelitian selanjutnya, yang mengarah pada pengembangan teknologi energi terbarukan berbasis pemanfaatan energi mekanik dari aktivitas sehari-hari.

Berikut pengembangan ringan dari paragraf tersebut, dengan bahasa yang tetap ringkas dan jelas:

Selanjutnya, untuk mengevaluasi kinerja alat yang dibuat, penelitian ini akan mengukur efisiensi dari rantai penghasil listrik berbasis energi pijakan kaki yang menggunakan generator DC, dan membandingkannya dengan sistem serupa yang menggunakan sensor piezoelektrik. Pengukuran dilakukan dengan mencatat besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh masing-masing sistem saat menerima tekanan dari pijakan kaki. Selain itu, data berat badan responden yang memberikan pijakan juga akan dikumpulkan, guna menghitung rata-rata gaya tekan sebagai variabel pembanding dalam penentuan efisiensi. Hasil dari pengujian ini akan digunakan untuk menghitung dan membandingkan efisiensi konversi energi mekanik menjadi energi listrik pada kedua sistem.

B. Landasan Teori

Dalam penelitian ini penulis menggunakan landasan teori yang akan digunakan atau dijadikan dasar dari pada penelitian ini. Beberapa definisi, serta proposisi yang telah dirancang dan disusun dengan rapi serta sistematis.

1. Panel Surya



Gambar 2. 1 **Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable**

Sumber: <https://www.sanspower.com/jenis-jenis-panel-surya-yang->

Panel surya bekerja dengan memanfaatkan sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui proses yang dikenal sebagai efek fotovoltaiik. Proses ini terjadi berkat penggunaan material semikonduktor sebagai komponen utama (Zulfikar, 2016:2).

Jenis-jenis sel surya atau solar panel dibedakan berdasarkan bahan dasarnya, di antaranya:

a. Sel Surya Monokristalin

Jenis ini terbuat dari kristal tunggal silikon dan dikenal sebagai panel dengan tingkat efisiensi paling tinggi dibanding jenis lainnya. Panel ini dikembangkan menggunakan teknologi mutakhir dan mampu menghasilkan daya listrik lebih besar dalam luas permukaan yang lebih kecil (Hidayat, 2015:2).

b. Sel Surya Polikristalin

Panel ini dibuat dari silikon polikristalin yang proses pembuatannya lebih kompleks dibanding silikon semikonduktor biasa. Meskipun efisiensinya masih di bawah panel monokristalin, yakni sekitar 10–

13%, jenis ini tetap menjadi pilihan kedua terbanyak karena harganya yang lebih ekonomis dan proses produksinya yang lebih sederhana.

c. Sel Surya Amorf Silikon (a-Si)

Sel surya berbahan amorf silikon memiliki struktur atom yang tidak teratur, berbeda dengan kristal silikon yang terorganisir. Jenis ini mampu menyerap cahaya jauh lebih efisien—sekitar 40 kali lebih baik dibandingkan dengan silikon kristalin.

Beberapa keunggulan dari sel a-silikon meliputi, Kemampuan penyerapan cahaya yang tinggi, Memiliki band gap yang besar, Menggunakan bahan baku lebih sedikit, Potensi untuk diproduksi secara otomatis dan massal. Namun, kekurangan utama dari jenis ini adalah efisiensinya yang masih rendah karena hambatan internal yang besar serta arus listrik yang kecil, dalam jenis panel surya Amorf silikon ini terdapat beberapa komponen

Panel surya terdiri dari beberapa komponen utama yang saling mendukung dalam mengubah energi matahari menjadi listrik. **Kaca pelindung (cover glass)** melindungi panel dari debu, air, dan partikel asing tanpa menghalangi cahaya, karena terbuat dari bahan transparan seperti kaca bening atau mika. Di bawahnya terdapat **perekat transparan** yang menyatukan komponen internal, terutama antara kaca dan lapisan anti-reflektif. **Lapisan anti-reflektif** berfungsi mengurangi pantulan cahaya dan mengarahkan sinar matahari ke **bahan semikonduktor**, yaitu inti panel yang mengubah cahaya menjadi energi listrik, umumnya terbuat dari silikon. **Kontak**

belakang (back contact) menjadi jalur konduksi listrik sekaligus pelindung bawah panel. Seluruh struktur diperkuat oleh **kerangka luar** berbahan aluminium yang kuat, ringan, dan tahan cuaca.

2. Sollar Charger Controller

Rangkaian elektronik ini berperan sebagai pengatur aliran arus searah (DC) yang masuk ke baterai serta mengalir keluar dari baterai menuju beban. Selain fungsi utama tersebut, rangkaian ini juga bertindak sebagai pembatas arus dan tegangan, sehingga mencegah terjadinya overcharging (pengisian berlebih) maupun tegangan berlebih dari panel surya yang dapat merusak sistem penyimpanan energi.



Gambar 2. 2 Sollar Charger Controller

Sumber : <https://atenergi.com/apa-itu-solar-charge-controller-memahami-kontroler>

3. Turbin Angin

Desain dan ukuran komponen perangkat keras dalam sistem konversi energi angin sangat bervariasi, tergantung pada kebutuhan penggunaan, kapasitas daya yang diinginkan, serta lokasi pemasangan. Energi angin masih dapat dimanfaatkan dengan cara dikonversi menjadi energi mekanik untuk menggerakkan alat atau beban tertentu (Wibawa, 2017:134). Salah

satu pendekatan yang umum digunakan adalah sistem turbin angin sumbu vertikal (VAWT), yang memiliki keunggulan dalam hal kesederhanaan desain dan kemampuan beroperasi di lingkungan dengan arah angin yang berubah-ubah. Desain ini memungkinkan rotor untuk menangkap angin dari berbagai arah tanpa perlu mekanisme pelacak arah angin. Salah satu tipe populer dari VAWT adalah rotor Savonius, yang dikenal dengan bentuknya yang menyerupai huruf "S", serta memiliki keunggulan dalam menghasilkan torsi awal yang besar meskipun pada kecepatan angin rendah.



Gambar 2. 3 Turbin Angin

Sumber : <https://www.ubuy.co.id/id/product/7PHMG3J6M-peron-wind-turbine-8000w->

4. Generator DC

Generator arus searah (DC) merupakan perangkat elektromekanis yang berfungsi mengubah energi mekanik berupa putaran poros menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah. Komponen utama dari generator ini terdiri atas dua bagian, yaitu bagian diam (stator) dan bagian yang bergerak (rotor) (Sulasno, 2009:81). Stator mencakup elemen-elemen

penting seperti rangka utama generator, magnet permanen atau elektromagnet, serta sikat-sikat karbon yang berfungsi menyalurkan arus ke rangkaian luar. Sementara itu, rotor terdiri dari jangkar (armature) yang dililit kawat penghantar, dan berperan sebagai elemen yang menghasilkan arus listrik melalui proses induksi elektromagnetik (Joko, 2015:7).



Gambar 2. 4 Generator DC

Sumber : Dokumen Pribadi

Komponen utama generator DC meliputi:

a. Rangka Generator

Rangka berfungsi sebagai tempat mengalirnya medan magnet yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet. Karena itu, rangka dibuat dari material feromagnetik yang mampu menghantarkan fluks magnet secara efisien.

b. Inti Kutub Magnet dan Lilitan Medan (Field Winding)

Lilitan ini berperan dalam menghasilkan medan magnet ketika dialiri arus listrik. Medan magnet tersebut dibutuhkan untuk menciptakan gaya elektromagnetik saat rotor berputar

c. Sikat Karbon (Brush)

Sikat karbon bertugas menghubungkan arus listrik dari jangkar yang berputar menuju rangkaian eksternal.

5. Aki

Aki atau akumulator adalah perangkat penyimpan energi listrik yang bekerja berdasarkan reaksi kimia. Fungsinya mencakup menerima, menyimpan, dan melepaskan energi dalam bentuk arus searah (DC). Dalam sistem kelistrikan berbasis reaksi kimia, terdapat dua jenis sumber energi: elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer hanya dapat digunakan sekali, sementara elemen sekunder—yang lebih dikenal sebagai aki—memiliki kemampuan untuk diisi ulang dan digunakan berkali-kali (Setiono, 2015).



Gambar 2. 5 Aki

Sumber : Dokumen Pribadi

6. Sensor Piezo Elektrik

Piezoelektrik merupakan material yang mampu menghasilkan energi listrik ketika dikenai tekanan atau gaya mekanik. Teknologi ini berfungsi sebagai transduser, yakni alat yang mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik, dan sebaliknya. Jumlah energi listrik yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya tekanan yang diberikan. Sebagai contoh, tekanan saat seseorang menaiki tangga akan menghasilkan energi lebih besar dibandingkan hanya berjalan santai. Dalam konteks penelitian ini,

sensor piezoelektrik dimanfaatkan pada permukaan anak tangga untuk mengubah tekanan dari pijakan manusia menjadi energi listrik. Pendekatan ini bertujuan untuk mengoptimalkan energi yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari, serta menjadi solusi inovatif dalam penyediaan energi listrik alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. (Yulia, 2016)



Gambar 2. 6 Desain Sensor Piezo

Sumber : Semnasti 2023

7. Dioda

Dioda merupakan salah satu komponen elektronik berbasis semikonduktor yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik hanya dalam satu arah. Karakteristik ini menjadikannya penting dalam berbagai rangkaian elektronik, terutama sebagai penyearah arus. Meskipun transistor juga termasuk dalam kategori semikonduktor, dioda memiliki fungsi yang lebih spesifik dalam mengatur aliran arus satu arah serta mencegah arus balik yang dapat merusak komponen sensitif lainnya dalam rangkaian. Salah satu jenis dioda yang umum digunakan dalam pengaturan tegangan, khususnya untuk menjaga kestabilan pada terminal basis, adalah dioda Zener (Istiana, 2022).

Dioda Zener mampu mempertahankan tegangan konstan meskipun terjadi fluktuasi pada arus yang masuk, sehingga sering dimanfaatkan dalam sistem regulator daya, proteksi sirkuit, serta pengaman tegangan lebih pada perangkat elektronik.

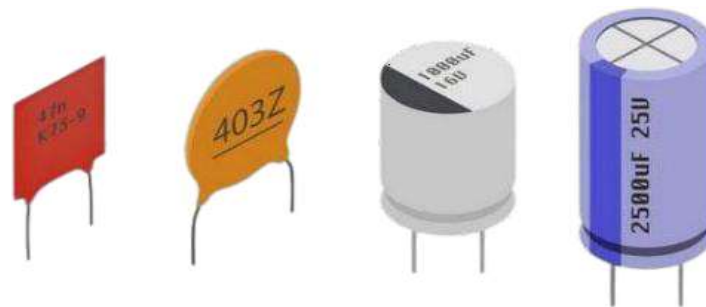


Gambar 2. 7 Dioda Zener

Sumber: https://www.google.com/search?sca_esv=d7e7d90bd6b3a957&sx

8. Kapasitor

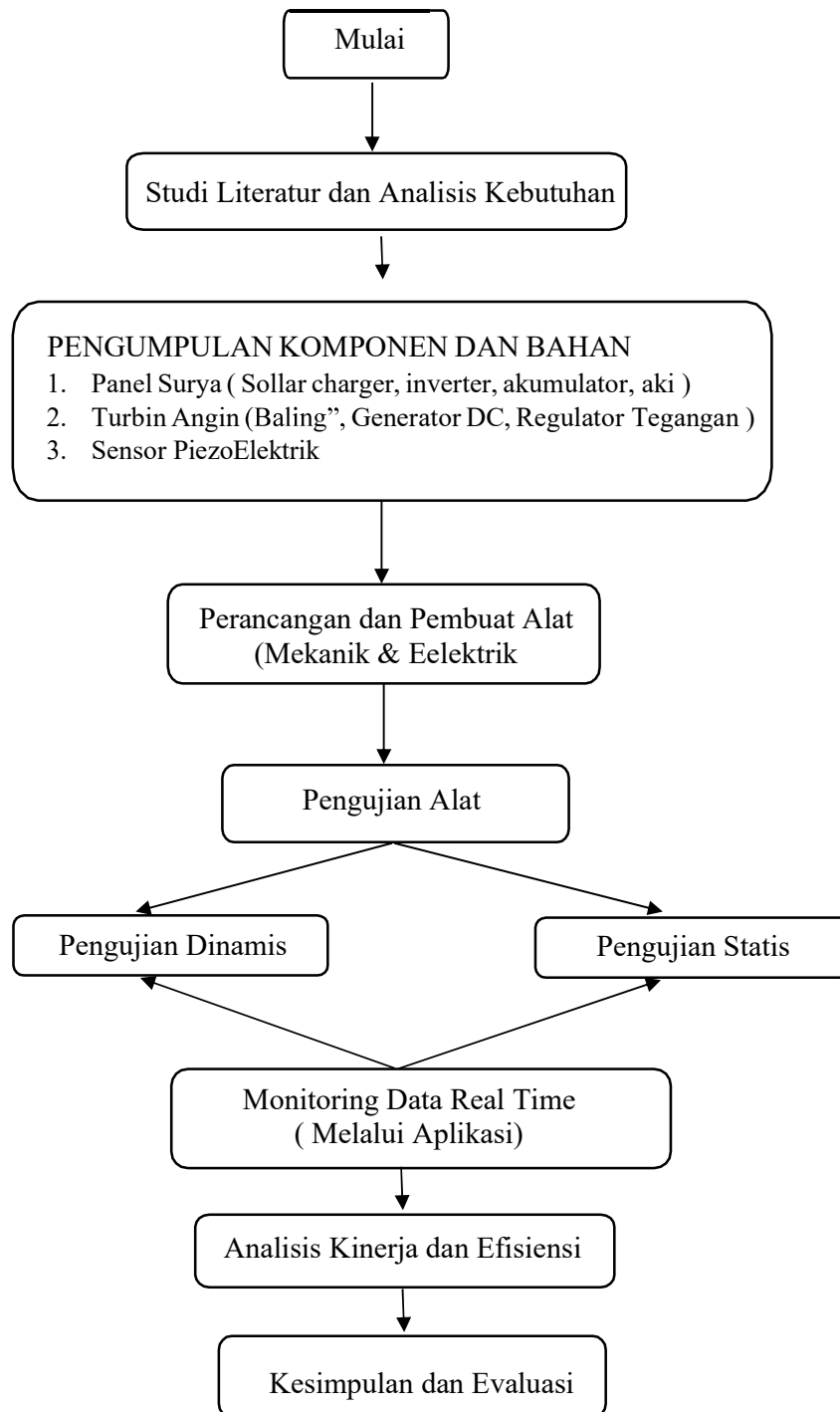
Kapasitor merupakan salah satu komponen elektronik pasif yang berfungsi untuk menyimpan energi dalam bentuk muatan listrik. Muatan ini disimpan di medan listrik yang terbentuk antara dua pelat konduktor yang dipisahkan oleh bahan isolator (dielektrik). Komponen ini banyak digunakan dalam berbagai rangkaian elektronik, seperti filter, rangkaian penunda waktu, serta sistem catu daya, karena kemampuannya dalam menyimpan dan melepaskan muatan secara cepat dan efisien.



Gambar 2. 8 Desain Kapasitor

Sumber : <https://www.ardutech.com/mengenal-capasitor/>

C. Kerangka Penelitian



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

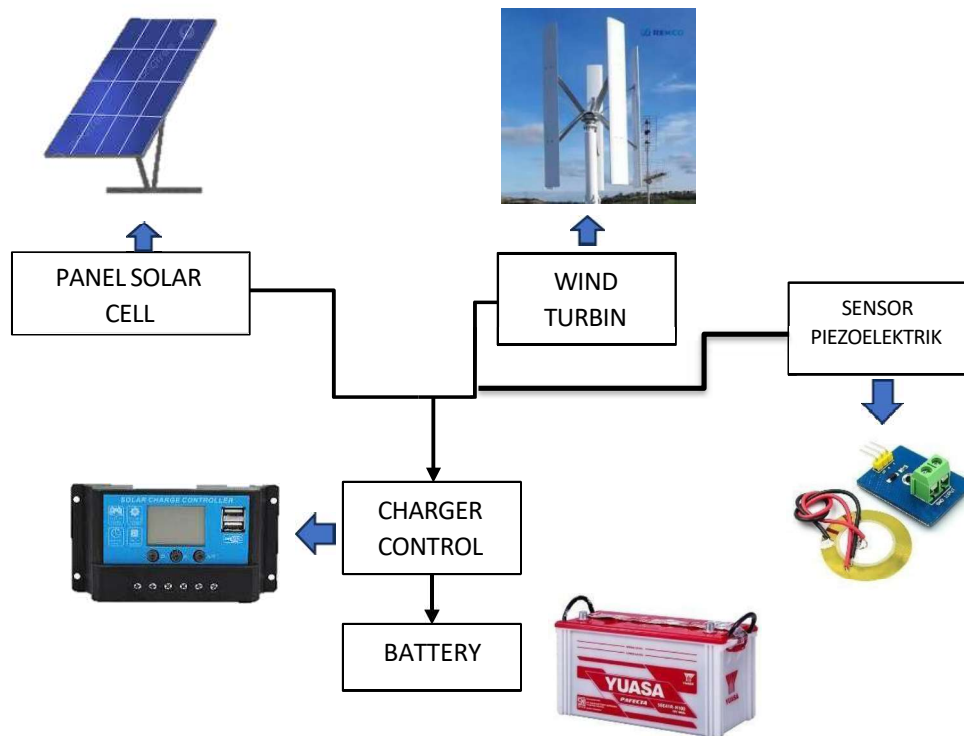
Sumber : Dokumen Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Blok Diagram Perancangan Bangun Alat Prototype Wind Turbin dan Panel Surya dengan Sensor Piezo Elektrik



Gambar 3. 2 Diagram Perancangan Sistem

Sumber : Dokumen Pribadi

Keterangan Blok Diagram:

Diagram blok di atas menunjukkan rancangan pembangkit listrik energi terbarukan menggunakan panel surya dan turbin angin dalam sistem hybrid. Energi yang dihasilkan disimpan di baterai dan dimonitor secara real-time melalui database. Selain itu, energi alternatif dari sensor piezoelektrik yang

dimodifikasi menjadi karpet di kapal akan mengoptimalkan pengisian baterai. Berikut adalah cara kerja alat menurut urutan blok diagram diatas

a. Turbin Angin

Blok ini mewakili komponen turbin angin yang mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik. Turbin ini dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan listrik.

b. Solar Cell (Panel Surya)

Blok ini mewakili panel surya yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya bekerja dengan menangkap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik DC (Direct Current).

c. Sensor Piezoelektrik

Blok ini menggambarkan sensor piezoelektrik yang dipasang pada bagian kapal. Sensor ini memanfaatkan tekanan mekanik atau getaran dan akan dimodifikasi menjadi karpet diatas kapal yang akan memanfaatkan pijakan crew kapal

d. Pengendali/Charge Controller

Blok pengendali berfungsi untuk mengatur aliran energi dari berbagai sumber (turbin angin, panel surya, dan sensor piezoelektrik) ke baterai atau sistem

daya utama. Pengendali memastikan bahwa baterai atau sistem daya tidak overcharge atau overdischarge.

e. Baterai Penyimpanan Energi

Baterai berfungsi sebagai tempat menyimpan energi dari turbin angin, solar cell, dan sensor piezoelektrik, yang kemudian akan dimanfaatkan dan

digunakan untuk kebutuhan listrik kapal saat diperlukan.

f. Sistem Distribusi Listrik

Blok ini menggambarkan distribusi listrik yang mengalir ke berbagai komponen kapal, seperti sistem navigasi, alat komunikasi, dan peralatan lainnya yang membutuhkan sumber daya listrik.

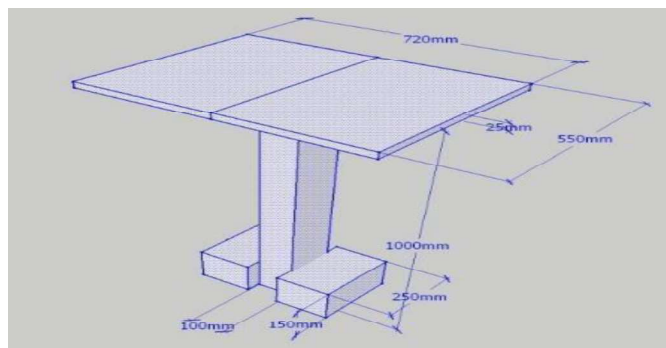
B. Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian “**Rancang Bangun *Prototype Hybrid Energi Turbin Angin dan Solar Cell dengan Sensor Piezoelektrik Sebagai Energi Alternatif di Atas Kapal***” memiliki beberapa rincian desain pada setiap pembangkit akan digabung menjadi satu dalam satu monitoring alat prototype

1. Panel Surya

Desain konstruksi turut memengaruhi aspek portabilitas dari sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dirancang.. Panel surya dirancang agar dapat dilipat guna memudahkan penyimpanan dan transportasi. Di bagian bawah rangka disusun komponen utama seperti akumulator (baterai), solar charge controller, serta inverter sebagai pusat kontrol distribusi daya.

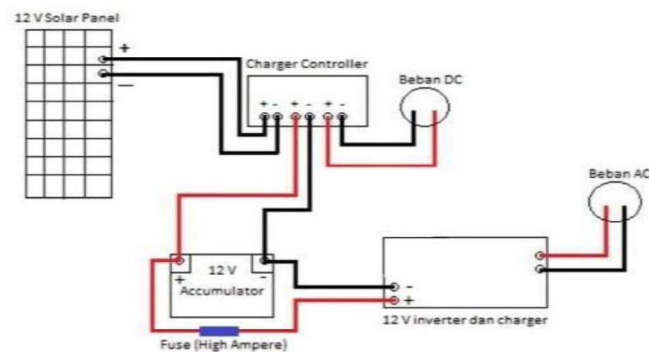
Visualisasi dari desain ini ditampilkan pada gambar



Gambar 3. 3 Desain Panel Surya

Sumber : Luki adi Gunawan, 2021

Detail spesifikasi dari desain meliputi tinggi tiang penyangga utama sebesar 75 cm, serta dimensi panel surya masing-masing 72 cm × 55 cm, menggunakan dua buah panel berkapasitas 20 Wp yang dirangkai secara paralel untuk meningkatkan output arus. Komponen pendukung seperti aki, solar charge controller, dan inverter ditempatkan dalam kotak berukuran 25 cm × 15 cm × 15 cm. Sistem kelistrikan dirangkai dengan konfigurasi paralel pada panel surya, yang kemudian disambungkan ke solar charge controller. Dari controller, arus dialirkan menuju akumulator untuk proses penyimpanan energi. Selanjutnya, energi dari aki disalurkan ke inverter yang berfungsi mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC), sebelum akhirnya digunakan oleh perangkat listrik sebagai beban. Skema pengkabelan ini disusun untuk memastikan efisiensi konversi energi sekaligus menjaga keamanan dan kestabilan daya dalam sistem portable.



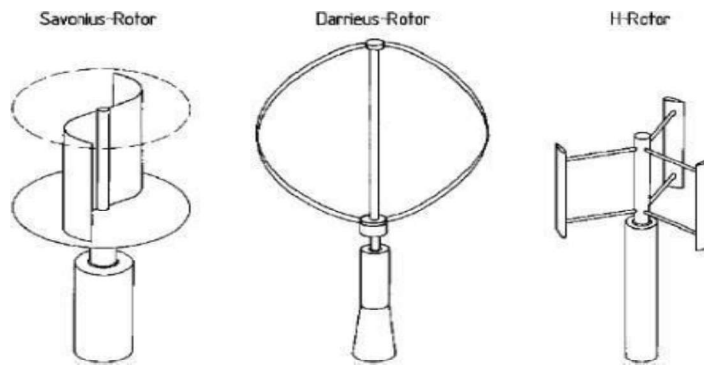
Gambar 3. 4 Rangkaian Elektrik System Panel Surya

Sumber : Luki Adi Gunawan, 2021

2. Turbin Angin

Dalam pembuatan desain, bentuk prototipe turbin angin sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti perputaran, ukuran, dan jenis baling-baling. Dalam penelitian ini, peneliti memakai Turbin Angin Darrieus VAWT

(vertical axis wind turbine / VAWT, dengan tipe *Straight-bladed*).



Gambar 3. 5 Varian Turbin Angin Sumbu Vertikal

Sumber : (Rahmat Taufiqqurahman, 2016

Turbin angin sumbu vertikal modern umumnya dirancang dengan rotor yang memiliki bentuk aerodinamis guna memaksimalkan momen puntir atau torsi yang dihasilkan dari aliran angin. Salah satu contoh penerapannya adalah pada turbin jenis Darrieus. Turbin ini memiliki bilah (sudu) yang dibentuk melengkung menyerupai bentuk lengkungan oval atau sabit. Saat berputar, bilah tersebut bergerak mengelilingi poros vertikal dan menyapu area seperti tali yang berputar mengitari sumbu. Desain ini memungkinkan turbin Darrieus untuk menangkap energi angin dari berbagai arah secara efisien, meskipun membutuhkan kecepatan angin awal yang cukup optimal. Hal ini menyebabkan bentuk geometri sudunya rumit dan sulit untuk dibuat.

Rotor turbin angin Darrieus pada umumnya terdiri atas dua atau tiga sudu. Variasi dari turbin angin Darrieus adalah yang disebut dengan Turbin angin Tipe *Straight-bladed*. Tersusun dari dua atau tiga sudu lurus yang dihubungkan dengan struktur rangka ke poros. Berbagai macam jenis turbin

- a. Dapat mengkonversi energi angin dari segala arah
- b. Dapat mengkonversi energi angin yang tidak stabil kecepatannya

- c. Saat beroperasi tidak bising
- d. Desainnya sederhana dan ringan

Turbin Darrieus merupakan salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang dikenal memiliki efisiensi tinggi serta mampu menghasilkan torsi yang signifikan pada kecepatan angin dan putaran yang cukup tinggi. Turbin ini menggunakan sudu dengan profil dasar airfoil simetris. Prinsip kerjanya didasarkan pada pemanfaatan gaya angkat (lift) yang timbul saat aliran angin melewati permukaan airfoil, sehingga menghasilkan gerakan rotasi pada sudu dan mengubahnya menjadi energi mekanik. Desain vertikalnya memungkinkan turbin ini menangkap angin dari berbagai arah tanpa perlu sistem pelacak arah angin, sehingga cocok digunakan di area dengan arah angin yang berubah-ubah, tidak menentu, atau lingkungan perkotaan yang padat.

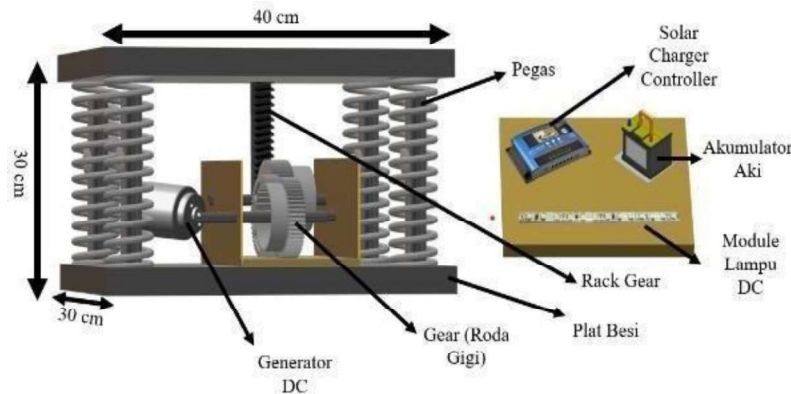


Gambar 3. 6 Turbin Angin Darrieus VAWT Tipe Straight-bladed

Sumber : https://id.made-in-china.com/co_demaoxinchemic/product_Small-Wind-Turbine-for-Home-12V-800W_uosneirhy.htm

3. Sensor Piezoelektrik

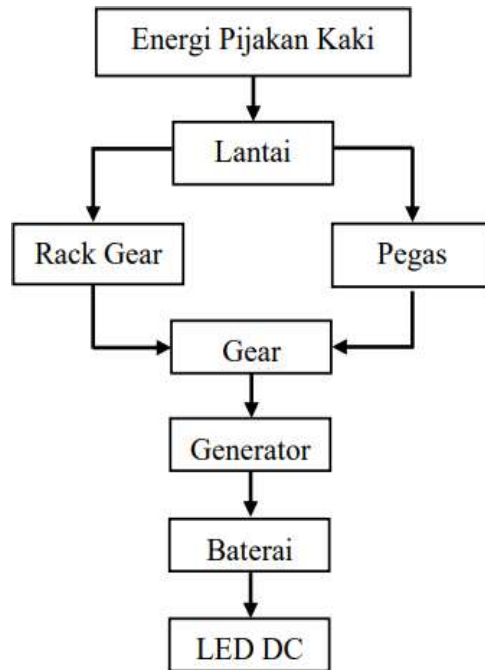
Metode yang diterapkan dalam pembuatan Rancang Bangun Lantai Penghasil Listrik berbasis energi pijakan kaki menggunakan generator DC melibatkan beberapa tahap perencanaan, perancangan, dan pengujian sistem. Tahapan ini mencakup identifikasi kebutuhan energi, pemilihan komponen mekanik dan elektrik yang sesuai, serta perancangan mekanisme konversi energi mekanik menjadi energi listrik secara efisien dan berkelanjutan. Desain produk lantai penghasil listrik tersebut dapat dilihat pada ilustrasi berikut, yang menggambarkan struktur utama serta susunan komponen seperti pegas, pelat pijakan, dan posisi generator DC. Gambar desain ini menjelaskan bagaimana tekanan dari pijakan kaki—yang terjadi secara alami ketika seseorang berjalan—dikonversi menjadi energi gerak, kemudian diteruskan ke generator DC untuk menghasilkan energi listrik. Sistem ini dirancang agar mampu bekerja secara berulang, tahan terhadap tekanan beban dinamis, serta mudah dalam proses perawatan untuk memastikan kinerja optimal dan umur pakai panjang.



Gambar 3. 7 Desain Produk Sensor Piezo

Sumber : Sumber :Semnasti, 2023

Cara kerja rantai penghasil listrik berbasis energi pijakan kaki dengan menggunakan generator DC dapat dipahami dan diteliti pada diagram ini



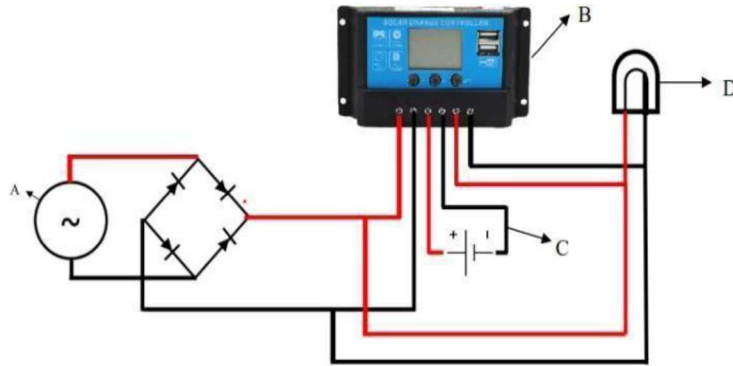
Gambar 3. 8 Diagram Langkah Penelitian

Sumber : Sumber :Semnasti, 2023

- a. Ketika seseorang menginjak lantai, tekanan dari pijakan tersebut memberikan energi mekanik pada permukaan lantai.
- b. Energi mekanik dari tekanan pijakan diteruskan ke batang gear yang berfungsi mengubah tekanan menjadi gerakan putar.
- c. Putaran pada batang gear kemudian menggerakkan roda gigi lainnya yang terhubung dengan generator DC.
- d. Generator DC mengkonversi energi mekanik yang diperoleh dari pijakan kaki menjadi energi listrik.
- e. Energi listrik hasil konversi disimpan dalam baterai sebagai sumber daya cadangan.

- f. Energi listrik yang tersimpan selanjutnya digunakan untuk menyalakan beban, seperti lampu LED, yang menunjukkan fungsi output dari sistem tersebut.

Pada penelitian ini dijelaskan bahwa skema rangkaian listrik dari lantai penghasil listrik energi pijakan kaki menggunakan generator DC



Gambar 3. 9 Wiring Diagram Piezoelektrik

Sumber :Semnasti, 2023

Berdasarkan gambar ada beberapa komponen yang ada didalam skema rangkaian listrik diantaranya sebagai berikut (Supriyo, 2015):

- Generator DC
- Solar Charger Controller*
- Baterai Lithium Ion
- Lampu LED

Trik dirangkai paralel, maka dari itu untuk pengujian yang dipasangkan pada anak tangga akan menggunakan rangkaian paralel, peneliti menggunakan rangkaian 10 paralel, 10 paralel 2 seri dan 5 paralel 4 seri sebagai perbandingan

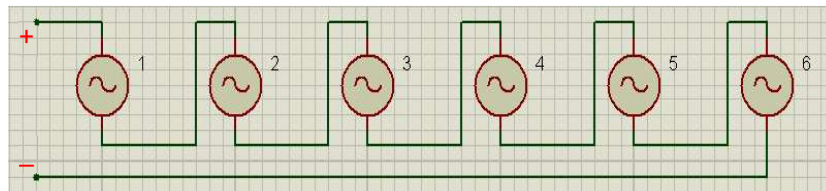
Rangkaian seri adalah konfigurasi di mana kutub positif dari satu komponen dihubungkan secara berurutan ke kutub negatif komponen berikutnya, seperti

yang terlihat pada Gambar 1. Pada Gambar 2 juga diperlihatkan susunan sensor piezoelektrik yang dihubungkan secara seri. Dalam rangkaian ini, total tegangan yang diterima merupakan jumlah dari tegangan masing-masing titik cabang, sedangkan arus yang mengalir melalui rangkaian adalah sama di setiap titik, baik pada bagian masuk maupun keluar dari tiap cabang. Oleh karena itu, hubungan matematis rangkaian seri dapat dirumuskan sesuai dengan prinsip ini (Muhammad Saifur Rohman, 2020)

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{total}} &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5 + \varepsilon_6, \quad (1) \\ I_{\text{total}} &= I_1 = I_2 = I_3 \\ &= I_4 = I_5 = I_6 \quad (2) \end{aligned}$$

Keterangan :

ε = ggl (V) I = arus (A)



Gambar 3. 10 Rangkaian Seri

Sumber : (Rohman, 2020)



Gambar 3. 11 Puluhan sensor piezoelektrik dimodifikasi menjadi satu

Sumber : Dokumentasi Pribadi

C. Rencana Pengujian

Rencana pengujian adalah suatu langkah sistematis yang dirancang untuk menguji perangkat yang telah dibuat. Tujuannya adalah untuk memahami mekanisme kerja alat tersebut serta mengidentifikasi potensi masalah atau kendala yang mungkin muncul selama operasional. Dengan adanya rencana pengujian ini, evaluasi kinerja alat dapat dilakukan secara menyeluruh dan perbaikan dapat dilakukan jika diperlukan.

D. Pengujian Alat

Pengujian prototype ini dilakukan secara langsung oleh penulis dan menguji kinerja alat dengan menguji keefektifan dari ketiga alat tersebut. Pada alat ini peneliti akan berencana, merancang dari tiga alat pembangkit tersebut menjadi satu alat utuh, dengan bekerja sistem hybrid di atas kapal apakah sesuai dengan pengalaman penulis dalam melaksanakan praktik laut selama setahun. Pengujian alat ini dilakukan dengan rincian sebagai berikut :

1. Panel Sel Surya akan bekerja sesuai dengan munculnya cahaya matahari dan akan langsung diserap untuk disalurkan ke battery, panel bekerja pada waktu dimana cahaya matahari sudah tidak tersedia atau tidak optimal sesuai dengan pengaturan minimal penyerapan
2. Turbin Angin akan bekerja pada saat dimana angin bertiup dan Akan Menggerakkan turbin dan akan disalurkan ke dalam battery untuk disimpan ketika 2 pembangkit tersebut bekerja, peneliti pastinya berfikir bahwa cuaca akan berubah sewaktu waktu, akan sangat mungkin jika tidak memperoleh cahaya panas dan kurangnya kecepatan angin.