



**Penerapan Sistem *Hybrid* Pengisian Daya
Baterai pada Kapal Nelayan Tradisional dengan
Alternator dan Panel Surya**

Tugas Akhir

**Oleh:
Syukur Dwi Febri Pangestu (4212331016)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : “Penerapan Sistem *Hybrid* Pengisian Daya Baterai pada Kapal Nelayan Tradisional dengan *Alternator* dan Panel Surya” adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 28 Mei 2025



Syukur Dwi Febri Pangestu
NIM: 4212331016

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Syukur Dwi Febri Pangestu (4212331016)

Tanggal Sidang: 15 Mei 2025

Disetujui oleh :

Penguji 1



1. Abdullah Sani, S.ST, M.Sc
NIP:198101092021211003

Pembimbing 1



1. Handri Toar, S.ST., M.Tr.T
NIP:198408292021211002

Penguji 2



2. Ir. Ridwan, S.ST., M.Tr.T
NIP:198206242021211003

Pembimbing 2



2. Yusiran, S.Si, M.T
NIP:199601012024061004

[Penerapan Sistem *Hybrid* Pengisian Daya Baterai pada Kapal Nelayan Tradisional dengan *Alternator* dan Panel Surya]

Abstrak

Indonesia sebagai negara maritim memiliki sebagian besar wilayah kedaulatannya berupa perairan dan lautan, menjadikan banyak penduduknya berprofesi sebagai nelayan. Nelayan tradisional Indonesia seperti di Desa Rantau Panjang, Kabupaten Lingga menggunakan kapal kecil dengan mesin tempel tanpa sumber energi listrik sering menghadapi kesulitan dalam memperoleh sumber energi listrik yang andal untuk kebutuhan penerangan dan operasional kapal. Penggunaan energi berbasis minyak tanah atau baterai pengisian konvensional memiliki keterbatasan, terutama terkait biaya dan waktu pengisian. Sedangkan solusi penggunaan panel surya juga masih kurang efektif karena bergantung dengan kondisi cuaca. Pada penelitian ini kebutuhan listrik pada kapal nelayan tradisional diketahui sebesar 0,54 kWh yang mereka gunakan untuk menyalakan lampu penerangan pada malam hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengisian daya baterai *hybrid* menggunakan kombinasi *alternator* dan panel surya pada kapal nelayan tradisional. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan merancang dan menguji sistem yang mengintegrasikan kedua sumber energi listrik tersebut. Data yang dikumpulkan mencakup waktu pengisian daya baterai dengan kapasitas 45 Ah dengan menggunakan *alternator*, panel surya, dan sistem *hybrid*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengisian daya baterai menggunakan *alternator* membutuhkan waktu sekitar 8 jam, sementara dengan panel surya memerlukan waktu sekitar 18 jam. Sedangkan, sistem *hybrid* mampu mengurangi waktu pengisian hanya dalam waktu sekitar 5 jam. Dari hasil pengujian, penerapan sistem *hybrid* dengan gabungan daya dari *alternator* dan panel surya mampu untuk memberikan solusi pengisian daya yang andal dan berkelanjutan, khususnya kebutuhan energi listrik pada kapal nelayan tradisional disemua kondisi cuaca, serta memberikan efisiensi waktu dalam proses pengisian daya baterai yang lebih cepat dibandingkan menggunakan salah satu jenis pembangkit.

Kata kunci: Kapal Nelayan Tradisional, *Alternator*, Panel Surya, Sistem *Hybrid*.

[Implementation of a Hybrid Battery Charging System on Traditional Fishing Boats Using Alternators and Solar Panels]

Abstract

Indonesia, as a maritime country, has the majority of its territorial area consisting of waters and seas, which makes many of its people work as fishermen. Traditional fishermen in Indonesia, such as those in Rantau Panjang, Lingga Regency, use small boats with outboard motors but without a reliable electricity source for lighting and operational needs, often facing difficulties in obtaining such energy. The use of kerosene-based energy or conventional battery charging systems has limitations, particularly related to cost and charging time. Meanwhile, the solution of using solar panels is also less effective due to its dependency on weather conditions. In this study, the electrical energy requirement for a traditional fishing boat is 0.54 kWh, primarily used for lighting at night. The aim of this research is to develop a hybrid battery charging system using a combination of an alternator and solar panels for traditional fishing boats. The method used is experimental, designing and testing a system that integrates both energy sources. The data collected includes the charging time for a 45 Ah battery using the alternator, solar panel, and hybrid system. The results of the study show that charging the battery with the alternator takes around 8 hours, while using the solar panel takes approximately 18 hours. In contrast, the hybrid system is able to reduce the charging time to approximately 5 hours. The testing results indicate that the application of the hybrid system, combining power from both the alternator and solar panel, provides a reliable and sustainable charging solution, particularly for the electricity needs of traditional fishing boats in all weather conditions. Additionally, it offers time efficiency in the battery charging process, significantly reducing charging time compared to using a single power source.

Keywords: Traditional Fishing Boats, Alternator, Solar Panels, Hybrid System.

Kata Pengantar

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya yang begitu besar kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Penerapan Sistem *Hybrid* Pengisian Daya Baterai pada Kapal Nelayan Tradisional dengan *Alternator* dan Panel Surya”. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat dalam mencapai gelar sarjana terapan teknik (S.Tr.T) pada program studi Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Batam. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan laporan tugas akhir ini tidaklah mudah bagi penulis. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak dan Ibu yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, serta kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis yang merupakan anugrah terbesar dalam kehidupan. Penulis berharap bisa menjadi anak yang dibanggakan bagi kedua orang tua.
2. Dinny Bhakti Ana (Istri) dan Khaizuran Sanny Al Fatih (anak) penulis, terimakasih atas semua dukungan, semangat, cinta dan pengertiannya kepada penulis selama penulis menjalani perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Uuf Brajawidagda, ST., MT., Ph.D, selaku Direktur Politeknik Negeri Batam Periode Tahun 2020-2024.
4. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, S.T., M.S.M, selaku Direktur Politeknik Negeri Batam Periode Tahun 2024-Sekarang.
5. Bapak Ir. Dr. Budi Sugandi, ST., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam Periode Tahun 2020-2024.
6. Bapak Ir. Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam Tahun 2024-Sekarang dan juga selaku wali dosen penulis selama menjalani perkuliahan ini.
7. Bapak Diono, S.Tr.T., M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Batam.
8. Bapak Handri Toar, S.ST., M.Tr.T, selaku dosen pembimbing satu yang telah memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Bapak Yusiran, S.Si., M.T, selaku dosen pembimbing dua yang telah memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

10. Ibu Nadhrah Wivanius, S.Si., M.Si., Selaku pengampu mata kuliah Tugas Akhir di Program studi teknik Mekatronika yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Semua Dosen dan Laboran Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam yang telah melayani dan memfasilitasi penulis selama perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Kepada semua teman-teman penulis, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
13. Keluarga besar penulis, yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata penulis mengharapkan agar laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya. Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Batam, 28 Mei 2025



Syukur Dwi Febri Pangestu

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Bab 1. Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Manfaat.....	4
1.5. Batasan.....	4
Bab 2. Tinjauan Pustaka	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Landasan Teori	13
2.2.1. Sistem Pengisian Baterai	13
2.2.2. Panel Surya	14
2.2.3. <i>Solar Charging Controller</i>	15
2.2.4. <i>Alternator</i>	15
2.2.5. Sensor PZEM-017	16
2.2.6. Sensor Radiasi	17
2.2.7. Sensor Kecepatan	18
2.2.8. Mikrokontroler.....	18
2.2.9. Baterai	19
2.2.10. Beban	20
2.3. Regresi Linier	20

Bab 3. Metodologi Penelitian	21
3.1. Diagram Alir Penelitian	21
3.2. Pemodelan Sistem	22
3.2.1. Identifikasi Kebutuhan Listrik Kapal Nelayan	22
3.2.2. Perhitungan Kapasitas Baterai	22
3.2.3. Perhitungan Kapasitas Panel Surya	23
3.2.4. Perhitungan Kapasitas <i>Alternator</i>	23
3.2.5. Pengisian Baterai Sistem <i>Hybrid</i>	24
3.3. Desain Rancangan Sistem	24
3.4. Desain Mekanikal	25
3.5. <i>Wiring Diagram</i>	25
3.6. Metode Akuisisi Data	27
3.7. Alur Kerja Sistem	29
3.8. Alat dan Bahan	30
3.9. Pengujian	33
3.9.1. Prosedur Pengujian	33
3.9.2. Formulir Akuisisi Data	33
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	35
4.1. Data Hasil Penelitian	35
4.1.1. Data Hasil Kalibrasi Sensor	35
4.1.2. Data Hasil Pengujian Pada Kerja <i>Alternator</i>	35
4.1.3. Data Hasil Pengujian Pada Kerja Panel Surya	37
4.1.4. Data Hasil Pengujian Sistem Hybrid	39
4.2. Pembahasan	42
4.2.1. Analisis Performa Kerja Sensor	42
4.2.2. Analisis Performa Kerja <i>Alternator</i>	43
4.2.3. Analisis Performa Kerja Panel Surya	45
4.2.4. Analisis Performa Kerja Sistem <i>Hybrid</i>	45
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	48

5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran	48
Daftar Pustaka.....	49
Biodata	51
Lampiran	52

Daftar Gambar

Gambar 1. Panel Surya	14
Gambar 2. <i>Solar Charging Controller</i>	15
Gambar 3. <i>Alternator Unit</i>	15
Gambar 4. Sensor PZEM-017.....	16
Gambar 5. Sensor SEM228A.....	17
Gambar 6. Sensor Kecepatan	18
Gambar 7. Board ESP32	18
Gambar 8. Baterai 12V 55Ah.....	19
Gambar 9. Lampu DC 12V 30W	20
Gambar 10. Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 11. Diagram Blok Sistem.....	24
Gambar 12. Desain Mekanikal.....	25
Gambar 13. <i>Wiring Diagram</i> Pengujian <i>Alternator</i>	25
Gambar 14. <i>Wiring Diagram</i> Pengujian Panel Surya.....	26
Gambar 15. <i>Wiring Diagram</i> Pengujian Sistem <i>Hybrid</i>	26
Gambar 16. Diagram Blok Modul Sensor.....	27
Gambar 17. Modul Sensor.....	28
Gambar 18. Diagram Alir Kerja Sistem	29
Gambar 19. Proses Kalibrasi Sensor PZEM-017	35
Gambar 20. Pengujian Alternator.....	35
Gambar 21. Pengujian Panel Surya	37
Gambar 22. Pengujian Sistem Hybrid	39
Gambar 23. Grafik Analisis Regresi Linear Kalibrasi Sensor Tegangan	42
Gambar 24. Grafik Analisis Regresi Linear Kalibrasi Sensor Arus	43
Gambar 25. Grafik Estimasi Waktu Pengisian Daya Baterai vs Efisiensi Sistem	44
Gambar 26. Grafik Daya Output Panel Surya vs Iradiasi	45
Gambar 27. Perbandingan Daya Output Alternator, Panel Surya dan Daya Total	46

Daftar Tabel

Tabel 1. Luas berbagai kategori wilayah kedaulatan dan yurisdiksi maritim Indonesia serta luas total NKRI.....	1
Tabel 2. Jumlah Nelayan laut sub sektor perikanan tangkap dan jumlah kapal nelayan tradisional.....	2
Tabel 3. Data Luas Wilayah Daratan dan Lautan Kabupaten Lingga	2
Tabel 4. Referensi Jurnal	5
Tabel 5. Peralatan yang dibutuhkan	30
Tabel 6. Bahan-bahan yang dibutuhkan	31
Tabel 7. Formulir Akuisisi Data Penelitian.....	33
Tabel 8. Contoh Pengisian Formulir Akuisisi Data.....	34
Tabel 9. Pengujian Alternator Tanpa Beban Lampu.....	36
Tabel 10. Pengujian Alternator Dengan Beban Lampu	36
Tabel 11. Pengujian Panel Surya Tanpa Beban Lampu.....	37
Tabel 12. Pengujian Panel Surya Dengan Beban Lampu	38
Tabel 13. Pengujian Hybrid Tanpa Beban Lampu Skema 1	39
Tabel 14. Pengujian Hybrid Tanpa Beban Lampu Skema 2	40
Tabel 15. Pengujian Hybrid Dengan Beban Lampu Skema 1.....	41
Tabel 16. Pangujian Hybrid Dengan Beban Lampu Skema 2.....	41

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dimana wilayah kedaulatannya sebagian besar adalah perairan dan lautan. Status Indonesia sebagai negara kepulauan telah ditetapkan sejak Deklarasi Djuanda pada tahun 1957 dan diperkuat dengan Konvensi Hukum Laut (*United Nations Convention on the Law of the Sea/UNCLOS*). Berdasarkan informasi dari Badan Hidrologi dan Oceanografi TNI Angkatan Laut menyebutkan bahwa hasil perhitungan disepakati bahwa luas wilayah kedaulatan, di tampilkan pada tabel 1 berikut (Pushidrosal, 2018):

Tabel 1. Luas berbagai kategori wilayah kedaulatan dan yurisdiksi maritim Indonesia serta luas total NKRI

No	Kategori	Luas (km ²)
1	Perairan Pedalaman dan Perairan Kepulauan	3.110.000
2	Laut Teritorial	290.000
3	Zona Tambahan	270.000
4	Zona Ekonomi Eksklusif	3.000.000
5	Landas Kontinen	2.800.000
6	Total Perairan Indonesia	6.400.000
7	Total NKRI (Darat + Perairan)	8.300.000

Oleh karena kondisi wilayah Indonesia seperti data pada tabel 1 maka sebagian penduduk Indonesia memiliki mata pencaharian sebagai nelayan. Nelayan merupakan istilah bagi orang-orang yang sehari-harinya bekerja menangkap ikan atau biota lainnya yang hidup di dasar, kolom maupun permukaan perairan. Perairan yang menjadi daerah aktivitas nelayan ini dapat merupakan perairan tawar, payau, maupun laut. Pada penelitian kali ini dilakukan terhadap nelayan kecil. Menurut PP No.50 Tahun 2015, nelayan kecil adalah orang yang mata pencahariannya melakukan penangkapan ikan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari yang menggunakan kapal perikanan berukuran paling besar 5 (lima) *Gross Ton* (GT). (BPK, 2015) Berdasarkan data statistik (KKP, nelayan, 2023) dan (KKP, kapal, 2023) di tampilkan pada tabel 2:

Tabel 2. Jumlah Nelayan laut sub sektor perikanan tangkap dan jumlah kapal nelayan tradisional

No	Kategori	Jumlah	Tahun
1	Jumlah Nelayan Laut Sub Sektor Perikanan Tangkap	2.401.540	2023
2	Jumlah Kapal Nelayan Tradisional (Motor Tempel)	429.113	2022
3	Jumlah Kapal Nelayan Tradisional (Motor <5 GT)	248.695	2022

Dari data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) yang ditampilkan pada tabel 2 tersebut di dalamnya adalah termasuk para nelayan di desa Rantau Panjang, Kabupaten Lingga. Para nelayan di desa Rantau Panjang sebagian besar adalah nelayan tradisional, dimana kapal yang mereka gunakan adalah kapal berukuran kecil dengan menggunakan mesin tempel. Berdasarkan UU RI dan data eksisting Kabupaten Lingga mempunyai luas wilayah sebagaimana ditampilkan pada tabel 3 (Kab.Lingga, 2023):

Tabel 3. Data Luas Wilayah Daratan dan Lautan Kabupaten Lingga

No	Kategori	Luas (km2)	Jumlah
1	Luas Wilayah Total (Versi UU RI)	211.772	-
2	Luas Daratan (Versi UU RI)	2.117	-
3	Luas Lautan (Versi UU RI)	209.654	-
4	Jumlah Pulau	-	531
5	Jumlah Pulau Tidak Berpenghuni	-	447
6	Luas Wilayah Total (Versi Eksisting)	45.508	-
7	Luas Daratan (Versi Eksisting)	2.235	-
8	Luas Lautan (Versi Eksisting)	43.273	-

Nelayan biasa melaut selama sehari-hari dengan tujuan mendapatkan hasil tangkapan maksimal. Sehingga saat di tengah laut mereka membutuhkan energi listrik untuk alat komunikasi, radio, dan *freezer* untuk penyimpanan ikan serta pada malam hari mereka membutuhkan penerangan untuk dapat melakukan aktivitas. Kapal jenis mesin tempel tidak memiliki sumber energi listrik untuk kebutuhan kelistrikan di kapal. Sehingga nelayan mengalami kendala saat melaut untuk waktu yang lama berkisar 3-7 hari. Di beberapa daerah saat ini ada beberapa nelayan yang masih menggunakan lampu petromax sebagai alat penerangan di waktu malam hari. Penggunaan lampu petromax sebagai lampu penerangan dan salah satu metode menarik ikan ini tentunya memiliki beberapa

kekurangan, antara lain ketergantungan pada minyak tanah yang masih tinggi. Dengan adanya ketergantungan pada minyak tanah sangat rentan terhadap isu kenaikan harga bahan bakar minyak. Dari segi operasional, lampu petromax sangat bergantung pada keadaan cuaca (hujan dan angin), sehingga diperlukan biaya tambahan apabila ada beberapa bagian yang rusak. (Mulyadi, Musa, & Yunus, 2018) oleh karena itu para peneliti sebelumnya membuat inovasi dengan memanfaatkan sumber energi listrik terbarukan yaitu dengan memasang *Modul PV* yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. (Zamista, 2017) Namun sistem PLTS ini juga memiliki kelemahan dimana sangat bergantung terhadap cuaca, saat cuaca mendung atau hujan PLTS tidak dapat berfungsi dengan baik.

Pada penelitian yang lain yang dilakukan oleh (Suartika, Okariawan, & Saputra, 2022), mereka melakukan modifikasi mesin ketinting/kapal dengan menambahkan alternator sebagai alat pembangkit energi listrik guna memenuhi kebutuhan listrik pada kapal nelayan tradisional. Namun untuk hasilnya belum maksimal sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut. Teknik pemasangan alternator sebagai alat pengisian daya baterai sebenarnya sudah lama digunakan di kendaraan, contohnya di motor dan mobil. Namun untuk kapal kecil nelayan tradisional penggunaan alternator ini belum ada. Oleh sebab itu pada penelitian ini peneliti melakukan pembuatan alat pengisian daya baterai di kapal dengan cara memasang *alternator* dihubungkan dengan mesin kapal, serta alat ini akan di kombinasikan dengan sistem pengisian baterai yang sudah terpasang sebelumnya yaitu panel surya sehingga akan ada dua pembangkit listrik DC yang digunakan (*Hybrid Charging System*). Penelitian yang dibuat ini memiliki beberapa kelebihan yaitu lebih handal, tidak bergantung terhadap cuaca, dapat digunakan setiap saat ketika dibutuhkan, fleksibel penggunaannya, dan mudah perawatan dan perbaikannya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan di atas, maka dapat kita rumuskan permasalahan yang terjadi sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menghitung kebutuhan energi listrik pada kapal nelayan selama melaut?
2. Bagaimana mendesain suatu pembangkit listrik untuk proses pengisian baterai selama melaut di semua kondisi cuaca?
3. Bagaimana cara mengakuisisi variabel pengukuran pada sistem pembangkit listrik yang dibuat?

1.3. Tujuan

Setelah mengetahui rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Melakukan identifikasi perangkat listrik yang digunakan pada kapal nelayan dan menghitung kebutuhan energinya.
2. Membuat sistem pembangkit listrik *hybrid* yaitu panel surya dan generator (*Alternator*) yang dipasang pada mesin kapal.
3. Membuat sistem akuisisi data yang mencakup pengukuran tegangan, arus, daya, iradiansi, torsi, dan rpm yang dapat diakses untuk dianalisis.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kebutuhan energi listrik yang digunakan untuk operasional perangkat listrik pada kapal nelayan tradisional seperti lampu penerangan.
2. Terpenuhinya proses pengisian baterai di berbagai kondisi cuaca pada kapal nelayan tradisional.
3. Mendapatkan metode akuisisi data yang akurat dan hasil analisis yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

1.5. Batasan

Berdasarkan semua yang sudah dipaparkan pada bagian sebelumnya, penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut :

1. Sistem pengisian daya baterai yang diusulkan hanya untuk kapal kecil nelayan tradisional (<5 GT).
2. Penelitian ini dilakukan untuk jenis mesin penggerak kapal berupa mesin Diesel 30PK.
3. Penelitian ini dilakukan dengan hanya mengambil satu variabel beban yaitu lampu penerangan.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terdahulu

Peneliti menemukan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Tabel 4 berikut merupakan penelitian terdahulu yang masih terkait dengan penelitian ini:

Tabel 4. Referensi Jurnal

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Judul	Kelemahan
1	2018	(Mulyadi, Musa, & Yunus, 2018)	<i>Conference Preseedings</i>	Teknologi Panel Surya Kapal Nelayan	Pada penelitian ini produk yang dihasilkan berupa peralatan sistem energi cahaya matahari (PLTS) berkapasitas 12 VDC 50 Wp, SCC MPPT 20A, baterai 12 V/50 Ah, lampu navigasi dan lampu attraktif pada perahu nelayan. Baterai dapat mengisi dengan baik selama 5 jam dengan intensitas radiasi matahari 700 sampai 1200 W/m ² , dan memiliki kemampuan penerangan selama 12 jam.

2	2017	(Zamista, 2017)	Unitek	Perancangan <i>Solar Cell</i> untuk Kebutuhan Energi Listrik pada Kapal Nelayan	Pada penelitian ini produk yang dihasilkan berupa PLTS berkapasitas 12 VDC 10 Wp, baterai 12 V 10 Ah dengan cuaca panas 30 °C dapat mengisi baterai penuh selama 8 jam, dengan daya baterai dapat menyalakan lampu 15 Watt selama 5 jam 20 menit.
3	2022	(Suartika, Okariawan, & Saputra, 2022)	Dinamika Teknik Mesin	Penambahan Alternator Pada Mesin Ketinting Untuk Melayani Kebutuhan Daya Lampu Nelayan Tradisional di Malam Hari	Pada penelitian ini produk yang dihasilkan berupa mesin ketinting yang dimodifikasi ditambahkan alternator dengan tujuan menghasilkan energi listrik yang dibutuhkan nelayan untuk lampu penerangan pada malam hari. Secara teknis modifikasi mesin ini dapat membantu operasional nelayan di malam hari tetapi kelayakannya secara ekonomis butuh penelitian lebih lanjut.

4	2020	(Akbar, Cahyadi, & Zanki, 2020).	Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa	Analisis Pemanfaatan Energi Surya, Angin dan Gelombang Laut Dalam Mengatasi Kelangkaan BBM Bagi Masyarakat Pesisir Pantai	Dimana hasil penelitian ini adalah pemanfaatan energi surya, angin dan gelombang laut pada sebuah alat yang berupa pemasangan solar panel untuk menyerap energi panas matahari, serangkaian pelampung-pelampung kecil pada bagian penyeimbang alat sebagai penggerak rotor utama pada <i>Floating Rotor</i> berguna untuk memanfaatkan energi gelombang laut dan turbin angin <i>VAWT tipe Squirrel Cage Darieus</i> yang berada di atas alat digunakan untuk memanfaatkan energi angin.
5	2020	(Loegimin, Sumantri, Nugroho, Hasnira, & Windarko, 2020)	Jurnal Integrasi	Sistem Pendingin Air Untuk Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic	Pada Penelitian ini hasil yang didapat yaitu panel surya memiliki kelemahan selain tidak bisa bekerja disaat cuaca mendung atau hujan, panel surya juga memiliki batas temperatur yang tidak boleh dilewati sehingga dibuat sistem pendingin untuk panel surya dengan menggunakan air.

6	2022	(Wijatmika, Aliredjo, & Sutisna, 2022).	Jurnal Agribisnis Perikanan	Desain Inovasi Teknologi Tepat Guna Alternator Sebagai Alat Pembangkit Listrik di Kapal Perikanan Ukuran <10 GT	Alat ini bekerja menggunakan tenaga penggerak motor DC dengan cara memutarakan alternator, sehingga dapat menghasilkan tegangan listrik yang kemudian disimpan dalam sel penyimpanan energi listrik akumulator. Energi listrik yang tersimpan dalam baterai (akumulator) dapat digunakan untuk menyalakan peralatan elektronik di kapal perikanan dengan ukuran <10 GT seperti alat navigasi GPS, <i>Fishfinder</i> lampu, sederhana yang memiliki daya listrik tidak terlalu besar. Berdasarkan hasil pengujian selama 20 menit yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa alat sistem pembangkit energi listrik alternatif inovasi tepat guna ini dapat bekerja dengan baik pada putaran 2000 rpm
---	------	---	-----------------------------	---	---

					sampai dengan 3600 rpm dan menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 14,63 volt serta arus pengisian rata-rata sebesar 2.5 ampere.
7	2019	(Sardi, Pulungan, Risfendra, & Habibullah, 2019)	Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UNSIQ	Teknologi Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Untuk Sistem Penerangan Pada Kapal Nelayan	Penelitian ini mampu memotivasi nelayan untuk menggunakan panel surya sebagai sumber energi pada kapal untuk menggantikan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang berbiaya tinggi. Berdasarkan perhitungan dan analisis yang dilakukan, kapasitas panel surya yang digunakan adalah 200 Wp. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan V (tegangan) rata-rata 29,5 V, I (arus) rata-rata 3,01 A, P (daya) rata-rata 90,01 W.
8	2020	(Irwansyah & Azis, 2020)	<i>Journal Of Electrical Engineering</i>	Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Untuk Sumber Pencahayaan Pada Perahu	Pada penelitian ini hasil pengambilan data pengujian alat pada pukul 20.00 pada kecepatan angin 10 m/s menghasilkan tegangan output generator 5,34 volt dan tegangan

				Nelayan	<i>output buckboost</i> 9,21 volt dengan arus 5,4 A menyalakan 4 buah lampu 20 <i>Watt</i> DC dan mengecaskan 1 buah aki 7,2 Ah. Kecepatan angin terbesar pada pukul 01.00 yaitu berkisar 23 m/s dan menghasilkan tegangan <i>output buckboost</i> 14,22 VDC dan arus 5,8 A.
9	2022	(Andari, Amalia, & Tinambunan, 2022)	Sains dan Teknologi	Sistem Monitoring Pengisian Baterai PLTS 100Wp Menggunakan Sensor PZEM 004t dan Sensor Tegangan DC	Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS tidak dapat dimonitor pada saat PLTS dioperasikan. Untuk mengurangi kerusakan panel surya dan meningkatkan kinerjanya, diperlukan suatu sistem yang memonitor kinerja panel. Proses pengisian baterai PLTS menggunakan panel 100 Wp dengan sebuah baterai 12 V 45 Ah yang berlangsung selama 8 jam. Tahap awal dari proses perakitan sistem monitoring pengisian baterai adalah terlebih dahulu mengkalibrasi sensor tegangan. Setelah proses

					<p>kalibrasi, kemudian dilakukan penentuan program dan penentuan nilai <i>low</i> dan <i>high</i> yang akan digunakan.</p> <p>Selanjutnya, dilakukan proses penginputan program ke dalam arduino melalui <i>software</i> arduino IDE.</p> <p>Hasil pengukuran sensor tegangan DC dan hasil program yang digunakan kemudian diuji. Proses monitoring pengisian baterai PLTS dilakukan selama 3 hari penuh.</p> <p>Setelah dilakukan proses monitoring, nilai rata-rata tegangan yang naik selama pengisian dari jam 08.00 sampai jam 15.00 adalah sebesar 0,341 V.</p>
--	--	--	--	--	---

10	2019	(Fathoni, Pracoyo, & Winarno, 2019)	Jurnal ELTEK	Rancangan Rangkaian Pengatur Pengisian Baterai Pada pembangkit Listrik DC Gabungan Panel Surya dan Alternator	<p>Pada penelitian ini pengaturan arus pengisian baterai dari panel surya menggunakan konverter <i>buck-boost</i> sedangkan pada alternator menggunakan pengaturan arus medan yang berdasar pada kecepatan putarnya. Untuk pengisian secara cepat, pembatasan pengisian arus maksimal ditetapkan 5A dan tegangan maksimal 14 volt. Pemutusan pengisian dengan cara memutus arus rotor serta membuat <i>converter off</i>. Pembacaan tegangan baterai dilakukan periodik. Data pengukuran pada penyinaran cuaca cerah bulan Juli 2018 dari pukul 8.00 hingga pukul 15.00 dan digabung dengan alternator dengan putaran 1.000, 1.500 dan 2.000 rpm menghasilkan arus pengisian maksimal hampir 4A.</p>
----	------	-------------------------------------	--------------	---	--

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Sistem Pengisian Baterai

Sistem pengisian daya baterai adalah rangkaian mekanik dan elektronika yang dirangkai sedemikian rupa dengan tujuan untuk melakukan pengisian daya pada baterai. Jika di analogikan dengan lebih sederhana yaitu baterai diibaratkan seperti tangki penampungan air, ketika air yang ada dalam tangki digunakan untuk keperluan sehari-hari maka air di dalam tangki akan berkurang dan saat itu kita butuh pengisian ulang air ke tangki, pengisian ulang air ini biasanya dilakukan oleh sistem pompa. Sama halnya dengan baterai, jika energi listrik yang tersimpan di dalam baterai digunakan terus menerus maka baterai membutuhkan sistem yang dapat mengisi ulang energi listrik pada baterai agar baterai selalu dalam kondisi siap untuk digunakan. Dalam hal ini ada banyak jenis metode yang bisa digunakan untuk dijadikan pembangkit listrik pada sistem pengisian baterai seperti *wind turbine*, *water turbine*, *solar panel*, *diesel engine*, dan lain-lain. Pada penelitian ini akan digunakan dua jenis pembangkit yaitu *diesel engine* yang dipasang *alternator* dan panel surya yang memanfaatkan energi cahaya matahari.

Pada sebuah kapal nelayan tradisional tanpa sumber energi listrik, para nelayan biasanya memanfaatkan baterai sebagai sumber energi listrik untuk kebutuhan mereka selama melaut. Contohnya yaitu kebutuhan listrik untuk menyalakan lampu penerangan supaya nelayan tetap dapat beraktifitas pada malam hari. Kebutuhan listrik untuk lampu penerangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 :

$$W = PLampu \times n \times t \quad (1)$$

Dimana :

W = Daya yang dibutuhkan (Wh)

$PLampu$ = Daya lampu (Watt)

n = Jumlah Lampu

t = Waktu Lampu Menyala (hours)

2.2.2. Panel Surya



Gambar 1. Panel Surya

Gambar 1 menampilkan sebuah panel surya. Panel surya adalah sebuah alat yang terdiri dari sel surya yang terbuat dari bahan *semiconductor* untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Sel-sel dari bahan silikon dipasang secara paralel dan seri dalam sebuah keping dan diberi pelindung kaca atau plastik. Bila sel-sel itu terkena cahaya matahari maka pada *junction semiconductor* akan mengalir arus listrik. Besarnya daya listrik yang dihasilkan tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silikon itu dan luas permukaannya. Prinsip kerja panel surya yaitu ketika cahaya matahari mengenai panel surya, foton dari cahaya diserap oleh sel surya. Energi dari foton melepaskan elektron dari atom *semiconductor*, menciptakan pasangan *electron-hole*. Elektron yang dilepaskan bergerak melalui material *semiconductor* menuju sisi lain sel, dan menciptakan aliran listrik. Arus listrik ini kemudian dikumpulkan oleh elektroda pada sisi depan dan belakang sel surya kemudian digabungkan dan dialirkan melalui konduktor untuk menghasilkan daya listrik DC (arus searah).

Kapasitas dari sebuah panel surya ada beragam ukuran, mulai dari 20 Wp hingga 500 Wp. Untuk menentukan penggunaan panel surya yang tepat sesuai dengan kebutuhan energi listrik harian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan 3 :

$$ET = \frac{EH}{ES} \quad (2)$$

$$\text{Kapasitas Panel (Wp)} = \frac{ET}{PSH} \quad (3)$$

dimana :

- ET = Energi Total (Wh)
- EH = Energi Harian (Wh)
- ES = Efisiensi Sistem (75% - 80%)
- PSH = Peak Sun Hours (h)

2.2.3. Solar Charging Controller



Gambar 2. Solar Charging Controller

Pengatur Pengisian Surya (*Solar Charge Controller* atau *SCC*) adalah perangkat esensial dalam sistem tenaga surya yang mengelola aliran energi dari panel surya ke baterai. SCC bekerja dalam tiga tahap pengisian utama: pengisian awal (*bulk charge*), pengisian penyerapan (*absorption charge*), dan pengisian pemeliharaan (*float charge*). Pada tahap pengisian awal, SCC mengirimkan arus maksimum hingga baterai mencapai tegangan pengisian awal. Selanjutnya, pada tahap penyerapan, tegangan dijaga konstan dan arus dikurangi secara bertahap saat baterai mendekati kapasitas penuh. Akhirnya, pada tahap pemeliharaan, tegangan diturunkan untuk menjaga baterai tetap penuh tanpa *overcharging*. SCC juga dilengkapi dengan proteksi terhadap *overcharging*, *over-discharging*, arus berlebih, dan tegangan berlebih untuk memastikan operasi yang aman dan efisien. Pada gambar 2 merupakan SCC dengan tampilan LCD dengan grafik simbol, ukuran 13.3 cm x 7 cm x 3.3 cm, arus maksimum 10 A, tegangan 12V/24V (otomatis mendeteksi tegangan yang sesuai), *Intelligent PWM charge mode*, serta dilengkapi dengan *port USB 5V* yang dapat dipakai untuk *charge gadget*.

2.2.4. Alternator



Gambar 3. Alternator Unit

Alternator yang ditampilkan pada gambar 3 adalah perangkat elektromekanis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dalam bentuk arus bolak-balik (AC), namun pada unit *alternator* sudah terdapat *rectifier* yang berfungsi untuk mengubah arus AC menjadi arus DC. *Alternator* digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, terutama dalam kendaraan bermotor dan sistem pembangkit listrik. Komponen utamanya terdiri dari *rotor*, *stator*, *slip ring* dan *brush*, *rectifier*, dan *voltage regulator*. Prinsip kerja dari *alternator* yaitu memanfaatkan putaran mesin yang dihubungkan dengan *vbelt* sehingga rotor *alternator* juga berputar, menciptakan medan magnet yang bergerak. Medan magnet yang bergerak memotong kumparan kawat pada stator, sesuai dengan hukum faraday tentang induksi elektromagnetik. Hal ini menghasilkan arus listrik AC dalam kumparan stator, Arus AC yang dihasilkan oleh stator kemudian dialirkan ke *rectifier* yang akan mengubahnya menjadi arus DC. Yang terakhir ada *Voltage IC Regulator* berfungsi untuk memantau dan menyesuaikan tegangan keluaran dari *alternator* untuk memastikan arus yang konsisten dan mencegah *overcharging* atau *undercharging* pada baterai.

Alternator yang digunakan pada kendaraan merupakan *alternator highspeed* yang dapat menghasilkan arus listrik berkisar 1,7 A – 10 A. Untuk menghitung kapasitas *alternator* yang berhubungan dengan lamanya waktu pengisian daya baterai dari kondisi kosong sampai penuh yaitu menggunakan persamaan 4 :

$$T = \frac{I_b}{I_{alt}} \quad (4)$$

Dimana :

$$I_b = \text{Kapasitas Arus Baterai (Ah)}$$

$$T = \text{Waktu Pengisian Baterai (h)}$$

$$I_{alt} = \text{Output Arus Alternator (A)}$$

2.2.5. Sensor PZEM-017



Gambar 4. Sensor PZEM-017

Gambar 4 menampilkan Sensor PZEM-017 adalah alat yang digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi pada sistem DC. Sensor ini sangat berguna dalam aplikasi yang memerlukan pemantauan dan pengukuran secara akurat dan *realtime*. Komponen utamanya yaitu yang pertama modul utama yang berisi rangkaian elektronik untuk mengolah sinyal dari shunt dan mengukur parameter listrik yang diperlukan. Kemudian yang kedua yaitu shunt eksternal digunakan untuk mengukur arus, Shunt ditempatkan dalam rangkaian arus, dan tegangan jatuh di atas shunt diukur oleh modul utama untuk menghitung arus yang mengalir. Bagian yang ketiga yaitu antarmuka RS485 digunakan untuk komunikasi data dengan perangkat eksternal seperti computer atau mikrokontroler.

Keuntungan menggunakan sensor PZEM-017 adalah akurasinya yang cukup tinggi yang memungkinkan pengukuran yang tepat dan andal, Kemudian pemantauan Real-Time dimana sensor ini dapat memberikan data pemantauan realtime yang berguna untuk analisis dan control sistem listrik, dan yang terakhir keuntungan menggunakan sensor ini adalah kapasitas arus yang tinggi hingga sampai 300 ampere, namun juga bergantung dengan penggunaan shunt eksternalnya.

2.2.6. Sensor Radiasi



Gambar 5. Sensor SEM228A

Pada gambar 5 menunjukkan sensor radiasi SEM228A adalah sensor radiasi matahari yang menggunakan prinsip fotolistrik untuk mengukur total nilai radiasi di bawah sinar matahari. Sensor ini cocok untuk berbagai aplikasi termasuk pemanfaatan energi surya, meteorologi, pertanian, dan pengukuran polusi udara. SEM228A tersedia dalam berbagai output, seperti analog standar atau protokol komunikasi Modbus-RTU 485, dan memiliki metode pengkabelan yang sederhana.

Sensor radiasi SEM228A adalah alat yang handal dan serbaguna untuk mengukur radiasi matahari dalam berbagai aplikasi. Dengan fitur-fitur canggih dan kemudahan penggunaan, sensor ini menjadi solusi ideal untuk kebutuhan pengukuran radiasi matahari.

2.2.7. Sensor Kecepatan



Gambar 6. Sensor Kecepatan

Gambar 6 menunjukkan sensor kecepatan magnetik adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan benda bergerak dengan memanfaatkan perubahan medan magnet. Sensor ini menggunakan efek Hall untuk mendeteksi medan magnet. Ketika medan magnet berubah, tegangan pada sensor juga berubah, yang kemudian dapat diukur dan diolah.

2.2.8. Mikrokontroler



Gambar 7. Board ESP32

Mikrokontroler adalah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip sirkuit terpadu (IC) yang dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, IC mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih inti pemrosesan (CPU), memori (RAM dan ROM), dan perangkat INPUT dan OUTPUT yang dapat diprogram.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan ESP32 sebagai mikrokontrolernya seperti yang ditampilkan pada gambar 7. ESP32 adalah sebuah mikrokontroler (chip komputer kecil) yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Ia populer karena memiliki fitur Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, serta konsumsi daya yang rendah. ESP32 banyak digunakan dalam proyek *Internet of Things (IoT)* dan sistem tertanam karena kemudahan penggunaannya, kinerja tinggi, dan fleksibilitasnya.

2.2.9. Baterai



Gambar 8. Baterai 12V 55Ah

Pada gambar 8 menampilkan Baterai, atau dalam konteks kendaraan sering disebut sebagai *accu* (akumulator), adalah perangkat penyimpan energi yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia. Baterai terdiri dari satu atau lebih sel elektro-kimia yang terhubung dalam seri atau paralel untuk memberikan tegangan dan kapasitas yang diinginkan. Ada banyak jenis baterai diantaranya yaitu Lead-Acid Baterai, Lithium-Ion Baterai, Nickel-Cadmium dan Nickel-Metal Hydride. Setiap jenis baterai memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga sangat penting memilih baterai yang sesuai dengan kebutuhan. Pada penelitian ini akan digunakan jenis baterainya yaitu baterai dengan kapasitas 12V 55Ah seperti yang ditampilkan pada gambar 8, baterai jenis ini dianggap cukup andal performanya dalam menyimpan energi listrik serta mudah dalam hal perawatannya.

Untuk menentukan kapasitas baterai yang sesuai dengan kebutuhan penelitian dapat dihitung menggunakan persamaan 5 :

$$t = \frac{Pb}{Pl} = \frac{(V \times I) b}{Pl} \quad (5)$$

Dimana :

t = Waktu Lampu Menyala (Hours)

Pb = Daya Baterai (Watt)

Pl = Daya Lampu (Watt)

V = Tegangan Baterai (Volt)

I = Kapasitas Arus Baterai (Ah)

2.2.10. Beban



Gambar 9. Lampu DC 12V 30W

Beban listrik adalah komponen listrik yang merupakan bagian dari rangkaian listrik yang mengkonsumsi energi listrik (daya) dan mengubahnya menjadi bentuk energi lain, contohnya lampu, motor listrik, setrika, dan perangkat elektronika lainnya. Pada penelitian ini beban yang digunakan oleh nelayan yaitu lampu LED 12V DC 30 Watt, seperti yang ditampilkan pada gambar 9 sebanyak dua buah lampu.

2.3. Regresi Linier

Regresi merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur ada tidaknya korelasi antar variabel. Metode regresi linier sendiri terdiri dari 2 jenis yaitu metode regresi linier sederhana dan metode regresi linier berganda. Analisis regresi lebih akurat dalam melakukan korelasi, peramalan atau perkiraan nilai variabel terikat pada nilai variabel bebas. Untuk membuat analisis pengaruh berbagai macam factor independen terhadap variabel dependen bisa menggunakan regresi berganda.

Analisis regresi linier (Linear Regression Analysis) adalah teknik statistika untuk membuat model dan menyelidiki pengaruh antara satu atau beberapa variabel bebas (Independent, X) terhadap satu variabel respon (Dependent, Y). Analisis regresi adalah salah satu analisis yang paling populer dan luas pemakaiannya. Hampir semua bidang ilmu yang memerlukan analisis sebab-akibat boleh dipastikan mengenal analisis ini. Analisis regresi linier sederhana dapat dilihat pada persamaan 6 :

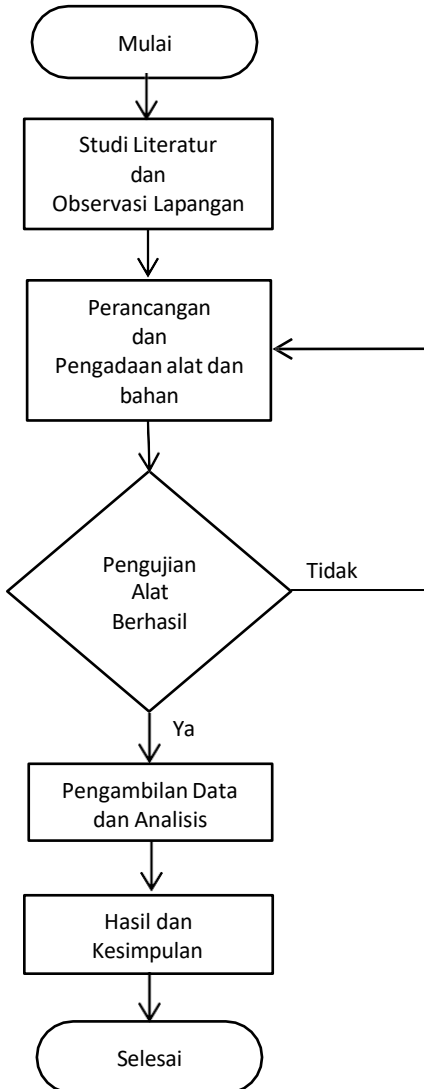
$$Y = a + bX \quad (6)$$

Dimana :

- Y = Variabel Dependen (Variabel Terikat)
- X = Variabel Independent (Variabel Bebas)
- a = Konstanta (Nilai dari Y apabila X = 0)
- b = Koefisien Regresi (Pengaruh positif atau negatif)

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 10 merupakan alur penelitian yang digunakan sebagai langkah untuk memudahkan melakukan penelitian dan pengambilan data. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang mana alat dibuat berdasarkan studi literatur dan observasi lapangan. Setelah alat selesai dibuat maka dilakukan pengujian, jika hasil pengujian tidak sesuai maka akan dilakukan perancangan ulang kemudian diuji ulang sampai hasilnya sesuai yang diharapkan. Ketika hasil uji yang didapat sudah sesuai dengan yang diharapkan maka penelitian dilanjutkan ke langkah selanjutnya yaitu pengambilan data, analisis, hasil dan kesimpulan yang didapat dari penelitian ini.

3.2. Pemodelan Sistem

3.2.1. Identifikasi Kebutuhan Listrik Kapal Nelayan

Kebutuhan listrik pada kapal nelayan tradisional yaitu ketika melaut di malam hari mereka membutuhkan lampu penerangan untuk beraktifitas. Maka pada penelitian ini peneliti akan menghitung jumlah kebutuhan listrik yang dibutuhkan pada kapal nelayan. Beban Listrik yang digunakan nelayan yaitu lampu sorot DC dengan spesifikasi LED 12 VDC 30 Watt dengan jumlah lampu ada dua buah dan menyala selama 9 jam dari jam 7 malam sampai jam 4 pagi, maka kebutuhan energinya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 :

$$\begin{aligned} W &= 30 \text{ Watt} \times 2 \times 9 \text{ hours} \\ &= 540 \text{ Watthours} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan jika di konversikan ke kWh maka kebutuhan energi listrik pada kapal nelayan untuk dua buah lampu penerangan selama 9 jam yaitu sebesar 540 Wh = 0,54 kWh.

3.2.2. Perhitungan Kapasitas Baterai

Setelah mengetahui kebutuhan energi listrik pada kapal nelayan, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung kapasitas baterai yang sesuai dengan kebutuhan menggunakan persamaan 5 :

$$\begin{aligned} t &= \frac{(V \times I)}{P} \\ 9 &= \frac{(12 \times I)}{60} \\ 540 &= 12I \\ 45 &= I \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan kapasitas baterai yang dibutuhkan yaitu minimal 45 Ah, apabila *Depth of Discharge* baterai sebesar 80% maka baterai yang harus digunakan dalam penelitian ini adalah baterai dengan kapasitas penyimpanan 55 Ah.

3.2.3. Perhitungan Kapasitas Panel Surya

Setelah mengetahui daya total yang dibutuhkan dan kapasitas baterai yang digunakan, maka selanjutnya menghitung berapa kapasitas panel surya yang dibutuhkan pada penelitian ini. Kapasitas panel surya diukur dalam satuan Wattpeak (Wp), yaitu jumlah listrik maksimum yang dihasilkan panel surya dalam kondisi optimal. Hitunglah kapasitas yang cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik harian dengan waktu pengisian efektif panel surya selama 7 jam dalam sehari dan efisiensi sistemnya 80%. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan 3 :

$$ET = \frac{540}{0,8} = 670$$

$$\text{Kapasitas Panel (Wp)} = \frac{670}{7} = 95 \text{ Wp}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan kebutuhan kapasitas panel surya pada penelitian ini yaitu sebesar 95 Wp.

3.2.4. Perhitungan Kapasitas Alternator

Alternator yang digunakan pada penelitian ini adalah *alternator* mobil, dimana *alternator* jenis ini memiliki keluaran tegangan berkisar antara 13,5 Volt – 14,5 Volt dan keluaran arus pengisian berkisar antara 1,7 Ampere – 10 Ampere. Jika baterai yang digunakan berkapasitas 55 Ah dengan *Depth of Discharge* 80%, maka lama pengisian baterai dalam kondisi kosong (20%) dapat dihitung menggunakan persamaan 4 :

$$T = \frac{45 \text{ Ah}}{5A}$$
$$T = 9 \text{ h}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa untuk mengisi baterai dalam kondisi kosong (20%) hingga penuh (100%) dibutuhkan waktu 9 jam jika alternator menghasilkan keluaran arus pengisiannya sebesar 5 Ampere.

3.2.5. Pengisian Baterai Sistem *Hybrid*

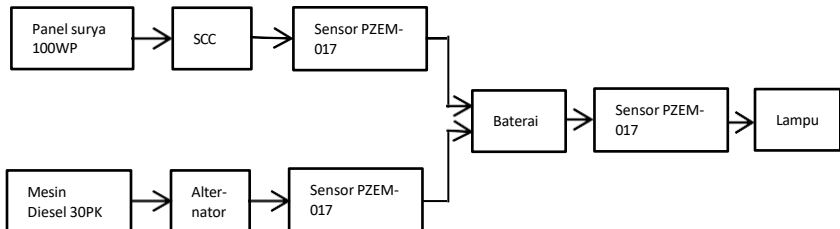
Pada penelitian ini akan digunakan dua jenis pembangkit listrik (*Hybrid Charging System*) yaitu *alternator* dan panel surya. Untuk pengisian baterai dengan *hybrid system* ini ada beberapa kondisi yaitu:

1. Saat cuaca cerah atau energi matahari optimal, maka hanya panel surya yang akan bekerja untuk mengisi energi listrik baterai pada kapal nelayan.
2. Saat cuaca mendung atau energi matahari tidak optimal, maka panel surya dan *alternator* akan bekerja bersama untuk mengisi energi listrik baterai pada kapal nelayan.
3. Saat cuaca hujan atau tidak ada energi matahari sama sekali, maka *alternator* yang akan bekerja untuk mengisi energi listrik baterai pada kapal nelayan.

Dengan demikian proses pengisian baterai pada kapal nelayan akan selalu terpenuhi dalam semua kondisi cuaca.

3.3. Desain Rancangan Sistem

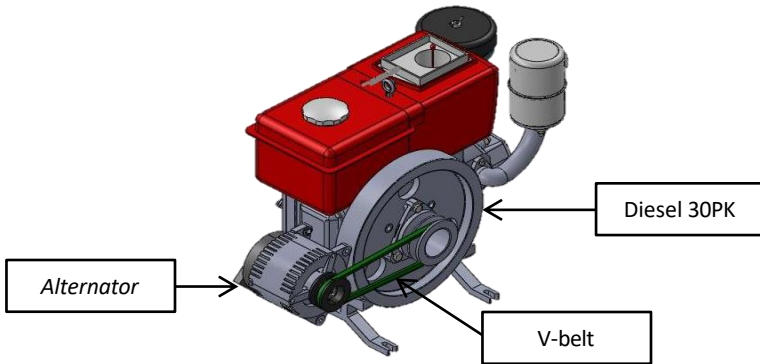
Pada penelitian ini peneliti membuat rangkaian perangkat keras yang di tampilkan pada gambar 11:



Gambar 11. Diagram Blok Sistem

Pada gambar 11 diagram blok di atas menunjukkan bahwa pada penelitian ini menggunakan dua pembangkit listrik yaitu panel surya dan *alternator* yang dipasang pada mesin diesel 30PK. Untuk mengontrol keluaran dari panel surya digunakan sebuah SCC dan untuk keluaran dari *alternator* sudah dikontrol oleh *IC regulator* yang terdapat pada unit alternator tersebut. Kemudian ada baterai, baterai adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik. Serta ada juga lampu sebagai beban yang di pasang untuk menguji kemampuan baterai dalam menyimpan energi listrik akan mampu bertahan dalam waktu berapa lama setelah di lakukan pengisian penuh. Pada penelitian ini menggunakan sensor PZEM-017 untuk mendapatkan data tegangan dan arus yang keluar pada setiap bagian.

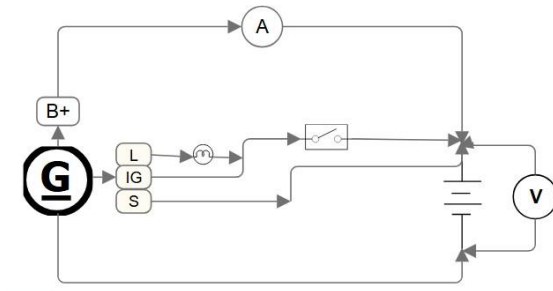
3.4. Desain Mekanikal



Gambar 12. Desain Mekanikal

Gambar 12 menunjukkan bagaimana posisi *alternator* yang akan dipasangkan dengan mesin diesel 30 PK. Supaya *alternator* bisa beroperasi, puli pada mesin diesel akan dihubungkan dengan puli *alternator* menggunakan *v-belt*. Sehingga saat mesin diesel dioperasikan maka *alternator* akan ikut berputar dan mengubah putaran tersebut menjadi energi listrik.

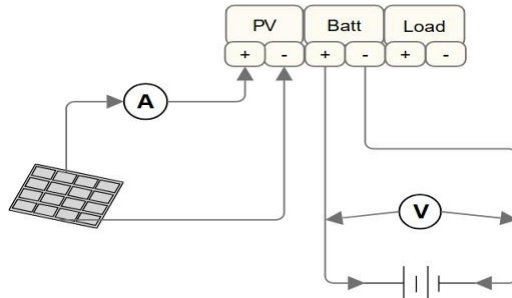
3.5. Wiring Diagram



Gambar 13. Wiring Diagram Pengujian Alternator

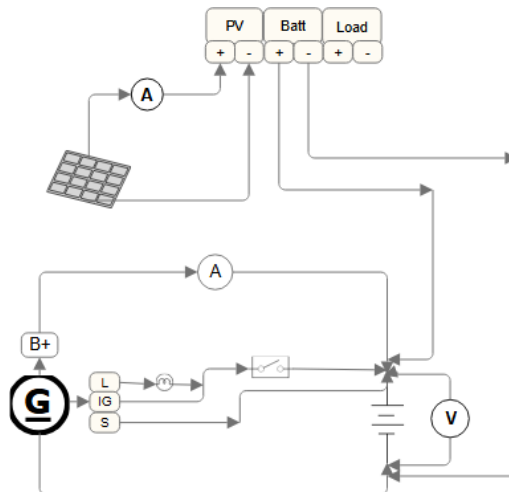
Pada gambar 13 bisa kita lihat bahwa *Wiring diagram* pengujian *alternator* pada sistem ini sangat sederhana, pada *alternator* terdapat sebuah *socket* dengan 3 buah pin yaitu pin L adalah pin lampu indikator, pin IG adalah pin Kunci kontak, dan pin S adalah pin *sensing*. Selain itu ada satu terminal yaitu terminal B+ adalah output *alternator* menuju ke baterai. Ada hal yang perlu diperhatikan

saat melakukan instalasi pengkabelan sistem *alternator* ini adalah jangan sampai terjadi kesalahan pada bagian *socket IC Regulator*, karena pada *IC Regulator* ini komponennya sangat mudah terjadi kerusakan.



Gambar 14. Wiring Diagram Pengujian Panel Surya

Gambar 14 memperlihatkan bagaimana cara instalasi pengkabelan sistem panel surya. Pada output panel surya dipasang sebuah *ammeter* sebelum masuk ke SCC, kemudian pada bagian baterai dipasang *voltmeter*. Jika ingin menambahkan beban maka bisa langsung dipasang pada SCC yang terdapat gambar atau symbol lampu.

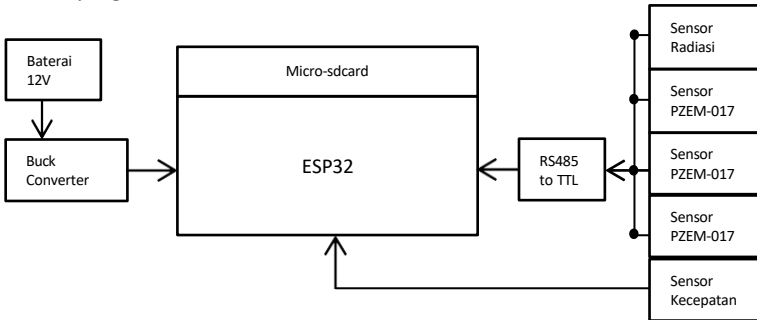


Gambar 15. Wiring Diagram Pengujian Sistem Hybrid

Pada gambar 15 memperlihatkan bagaimana rangkaian pengkabelan sistem pengisian baterai secara *hybrid*, dimana ada dua jenis pembangkit yaitu panel surya yang keluarannya akan dikontrol oleh SCC sebelum menuju ke baterai dan *alternator* yang merupakan generator listrik, didalamnya sudah dilengkapi dengan *IC regulator* yang akan mengontrol keluaran *alternator* sebelum menuju ke baterai. Kemudian untuk pengujian beban pada penelitian ini digunakan dua buah lampu LED 12 VDC 30 Watt.

3.6. Metode Akuisisi Data

Pada penelitian ini dibuat alat modul sensor sebagai metode akuisisi data yang bisa diakses datanya dengan mudah, berikut diagram blok dari modul sensor yang dibuat :



Gambar 16. Diagram Blok Modul Sensor

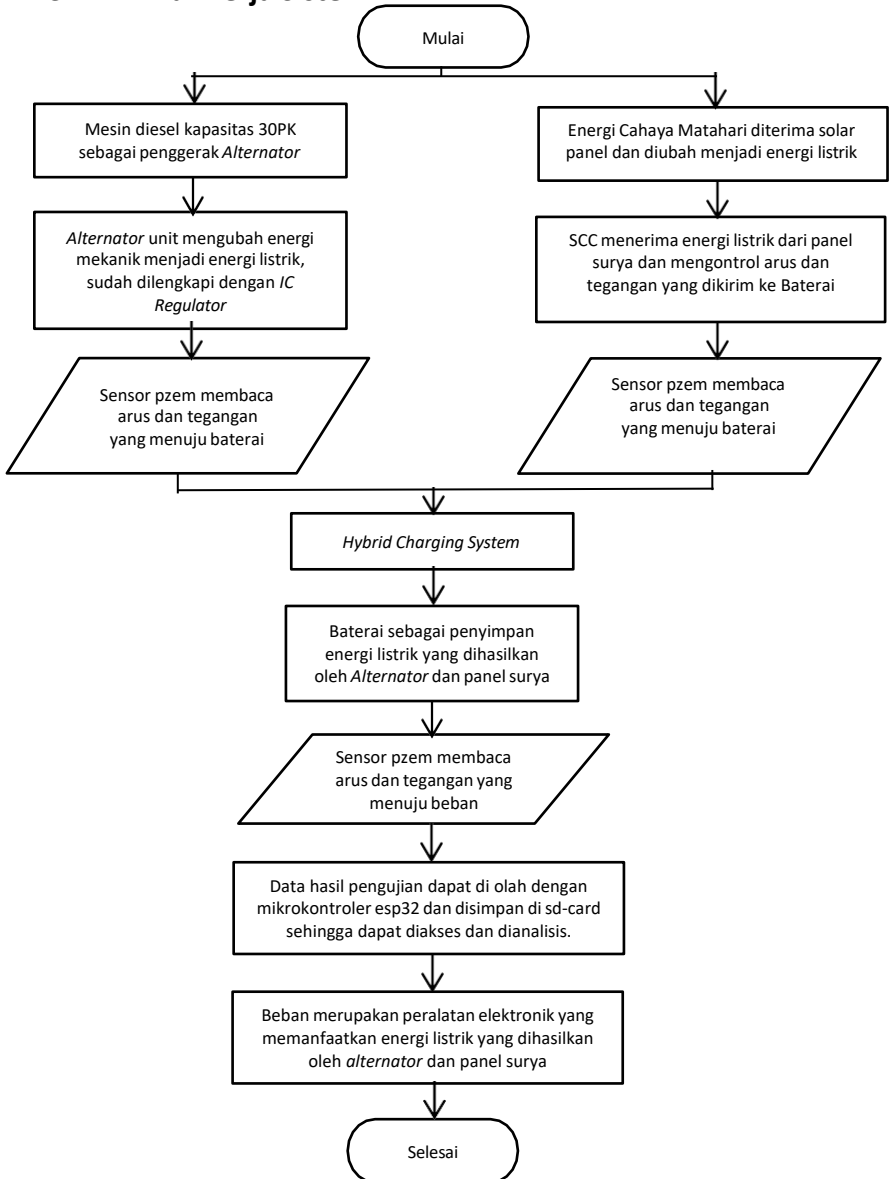
Pada gambar 16 menunjukkan bagaimana system modul sensor dibuat untuk membantu proses akuisisi data pada penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan dalam proses pengambilan data di lapangan. Terdapat Baterai 12V sebagai power supply modul, *Buck Converter* yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari 12V menjadi 5V, Sensor PZEM-017 berfungsi membaca tegangan dan arus yang ada pada system pengisian yang dibuat, sensor radiasi berfungsi membaca radiasi cahaya matahari, sensor kecepatan berfungsi untuk membaca kecepatan putaran mesin, ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler yang dapat mengolah data yang di dapat oleh setiap sensor, dan *micro-sdcard* sebagai media penyimpanan data yang dapat di akses dengan mudah.



Gambar 17. Modul Sensor

Pada gambar 17 menampilkan hasil realisasi rancangan modul sensor yang akan digunakan sebagai alat bantu akuisisi data pada penelitian ini. Modul sensor disimpan didalam sebuah kotak penyimpanan yang anti air, sehingga aman ketika digunakan di laut yang sangat berpotensi terkena air.

3.7. Alur Kerja Sistem



Gambar 18. Diagram Alir Kerja Sistem











3.8. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini ditampilkan dalam tabel 5 dan tabel 6 berikut:

Tabel 5. Peralatan yang dibutuhkan

No	Alat	Merek	Jumlah	Gambar
1	Solar Power Meter	Digital Instrument	1	
2	Tachometer	Sanwa	1	
3	Kunci Shock Set	Stainley	1	
4	Obeng Set	Stainley	1	
5	Cutter	Joyko	1	
6	Multimeter	Kyoritsu	2	
7	Multimeter	Rigold	1	

Tabel 6. Bahan-bahan yang dibutuhkan

No.	Bahan	Merek	Jumlah	Gambar
1	Alternator	Toyota Kijang	1 unit	
2	V-belt	Toyota	1 pcs	
3	Panel Surya 100 Wp	-	1 pcs	
3	Baterai 12V 50Ah	Yuasa	1 pcs	
4	SCC	Scs	1 unit	
5	Sensor pzem-017	Sensor pzem-017	3 pcs	
6	Lampu LED 12VDC 30 Watt	Pioline	2 pcs	
7	ESP32	ESP32	1 pcs	
8	Sensor Radiasi	SEM228A	1 Pcs	
9	Sensor Kecepatan	NS	1 Pcs	

10	Sd-card	Sandisk	1 Pcs	
11	Buck Converter	-	1 Pcs	
12	RS485 to TTL	-	1 Pcs	
8	Kabel DC	-	20m	
9	Skun Kabel Y Merah	-	1 bks	
10	Skun Kabel Y Hitam	-	1 bks	
11	Isolasi Kabel	Nitto	2 pcs	

3.9. Pengujian

3.9.1. Prosedur Pengujian

Berikut adalah prosedur yang harus dilakukan saat melakukan pengujian alat dan pengambilan data uji:

1. Siapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian.
2. Pastikan tersedianya cahaya matahari yang cukup untuk melakukan pengujian panel surya atau bisa menggunakan cahaya buatan.
3. Gunakan alat pelindung diri yang sesuai (*Wearpack*, sarung tangan, dan sepatu).
4. Mulai melakukan pengambilan data pada *alternator* untuk data-data yang dibutuhkan yaitu torsi dan rpm yang bervariasi.
5. Kemudian catat tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *alternator* di setiap variasi torsi dan rpm.
6. Setelah selesai pengambilan data *alternator*, selanjutnya ke panel surya.
7. Ukur iradiansi cahaya matahari dengan menggunakan solar power meter.
8. Kemudian catat tegangan dan arus yang dihasilkan oleh solar panel di setiap variasi nilai iradiansi cahaya matahari.
9. Lakukan pengambilan data sesuai dengan yang dibutuhkan.
10. Setelah selesai pengambilan data dengan masing-masing pembangkit baik *alternator* maupun panel surya, selanjutnya
11. Proses pengambilan data sistem hybrid yang dibuat pada pengujian penelitian ini.
12. Setelah selesai melakukan pengujian maka rapikan dan bersihkan kembali peralatan yang telah digunakan.

3.9.2. Formulir Akuisisi Data

Tabel 7. Formulir Akuisisi Data Penelitian

No	Daya Total	Alternator				Solar Panel			Beban	
		Pin= $T \cdot \omega$		Pout= $V \cdot I$		Pin= $I_r \cdot A \cdot \eta$		Pout= $V \cdot I$		P= $V \cdot I$
	Pout Alternator + Pout Solar Panel	T(N.m)	ω (Rpm)	V(Volt)	I(Amp)	I _r (Kwh/m2)	V(Volt)	I(Amp)	V(Volt)	I(Amp)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
...										

Pada tabel 7 adalah formulir yang digunakan untuk akuisisi data pada penelitian ini yang telah dirancang oleh peneliti. Dengan adanya formulir ini dapat membantu memudahkan dalam proses pengambilan data yang akan dilakukan ada penelitian ini.

Tabel 8. Contoh Pengisian Formulir Akuisisi Data

No	Daya Total	Alternator				Panel Surya			Beban	
		Pin= $T \cdot \omega$		Pout= V.I		Pin= $I_r \cdot A \cdot \eta$		Pout= V.I		P=V.I
	Pout Alternator + Pout Panel Surya	T(N.m)	ω (Rpm)	V(Volt)	I(Amp)	I _r (Kwh/m ²)	V(Volt)	I(Amp)	V(Volt)	I(Amp)
1	85,11	0,19	750	13,57	5,81	200	13,06	0,48		
2	90,18	0,21	1000	13,66	5,82	300	13,18	0,81		
3	92,70	0,21	1250	13,67	5,95	400	13,21	0,86		
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Pada tabel 8 menunjukkan bagaimana cara pengisian formulir pengambilan data yang akan dilakukan pada penelitian ini, Dimana setiap barisnya pada tabel yang ada di formulir saling berkaitan karena diambil dengan menggunakan modul sensor yang sudah dibuat dalam periode waktu yang sama.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Penelitian

4.1.1. Data Hasil Kalibrasi Sensor



Gambar 19. Proses Kalibrasi Sensor PZEM-017

Pada penelitian ini hal pertama yang dilakukan oleh peneliti yaitu kalibrasi sensor yang akan digunakan pada penelitian. Gambar 19 menunjukkan proses kalibrasi sensor PZEM-017 yang dilakukan dengan menggunakan *multimeter digital Rigold DM3058E* sebagai alat ukur pembanding yang telah terkalibrasi dengan benar. Data hasil kalibrasi sensor yang sudah dilakukan pada rangkaian penelitian ini di tampilkan pada lampiran 1.

4.1.2. Data Hasil Pengujian Pada Kerja Alternator



Gambar 20. Pengujian Alternator

Gambar 20 menunjukkan proses pengujian *alternator* yang dilakukan di lapangan dengan menggunakan penggerak utama motor diesel yang dipasang

puli dan kemudian dihubungkan dengan *alternator* menggunakan sabuk (*belting*). Rangkaian pengkabelan sesuai dengan *wiring diagram* yang ditunjukkan pada gambar 11. Berikut data hasil pengujian alternator ditampilkan pada tabel 9 dan tabel 10 :

Tabel 9. Pengujian Alternator Tanpa Beban Lampu

Alternator			
Pin= $T \cdot \omega$		Pout= $V \cdot I$	
T(N.m)	ω (Rpm)	V(Volt)	I(Amp)
0,19	450	11,47	2,43
0,21	600	11,65	2,45
0,21	750	12,07	2,55
0,22	1000	13,01	3,03
0,22	1250	13,33	3,24
0,22	1500	13,85	4,01
0,22	1750	13,89	4,41
0,23	2000	13,93	4,72
0,23	2380	13,95	5,04

Pada tabel 9 menampilkan data hasil pengujian performa *alternator* tanpa beban lampu dengan cara menjalankan mesin yang sudah dihubungkan dengan alternator dengan kondisi putaran mesin yang bervariasi mulai dari kecepatan idle kisaran 600rpm, kecepatan rendah kisaran 750-1200rpm, kecepatan sedang kisaran 1250-1950rpm, hingga kecepatan tinggi kisaran 2000-2380rpm.

Tabel 10. Pengujian Alternator Dengan Beban Lampu

Alternator			
Pin= $T \cdot \omega$		Pout= $V \cdot I$	
T(N.m)	ω (Rpm)	V(Volt)	I(Amp)
0,19	450	11,52	5,65
0,21	600	11,85	6,68
0,21	750	12,46	6,74
0,22	1000	12,75	6,76
0,22	1250	12,89	6,76
0,22	1500	13,29	6,79
0,22	1750	13,49	6,85
0,23	2000	13,55	6,92
0,23	2380	13,83	6,96

Pada tabel 10 menampilkan data hasil pengujian performa *alternator* dengan kondisi menggunakan beban lampu. Cara pengujiannya sama dengan kondisi *alternator* tanpa beban lampu yaitu menjalankan mesin dengan kondisi putaran mesin yang bervariasi.

4.1.3. Data Hasil Pengujian Pada Kerja Panel Surya



Gambar 21. Pengujian Panel Surya

Pada gambar 21 menunjukkan proses pengujian panel surya yang dilakukan di lapangan. Terdapat beberapa alat ukur yang digunakan pada pengujian ini yaitu *Irradians meter* dan *multimeter*. Rangkaian pengkabelan sesuai dengan *wiring diagram* yang ditunjukkan pada gambar 12. Berikut data hasil pengujian panel surya ditampilkan pada tabel 11 dan tabel 12.

Tabel 11. Pengujian Panel Surya Tanpa Beban Lampu

Panel Surya		
$P_{in}=I_r.A.\eta$	$P_{out}= V.I$	
I_r (Kwh/m ²)	V(Volt)	I(Amp)
200	10,88	0,52
300	11,21	0,85
400	11,36	0,92
500	12,04	1,25
600	12,13	1,45
700	12,56	1,76
800	12,89	1,98
900	13,53	2,17
1000	13,68	2,53

Pada tabel 11 menampilkan data hasil pengujian performa panel surya yang telah dilakukan pada penelitian ini. Pengujian dilakukan secara langsung dilapangan yaitu di laut mulai dari jam 7 pagi sampai jam 5 sore. Dimana didapatkan variasi nilai radiasi seperti yang ditampilkan pada tabel 9. Pengujian pertama yaitu pengujian tanpa beban lampu.

Tabel 12. Pengujian Panel Surya Dengan Beban Lampu

Panel Surya		
$P_{in}=I_r.A.\eta$	$P_{out}= V.I$	
I_r (Kwh/m ²)	V(Volt)	I(Amp)
200	11,35	0,67
300	11,55	1,32
400	11,96	1,41
500	12,34	1,65
600	12,75	1,73
700	13,12	2,41
800	13,33	2,53
900	13,68	2,73
1000	13,95	2,82

Pada tabel 12 menampilkan data hasil pengujian panel surya dengan kondisi memiliki beban lampu. Cara pengujiannya sama dengan pengujian panel surya tanpa beban lampu, yaitu dengan melakukan pengujian dari jam 7 pagi sampai jam 5 sore.

4.1.4. Data Hasil Pengujian Sistem Hybrid



Gambar 22. Pengujian Sistem Hybrid

Gambar 22 menunjukkan proses pengujian sistem hybrid yang dilakukan di lapangan. Pengujian dilakukan dengan 2 skema percobaan, yaitu skema 1 dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui performa *system hybrid* pada saat kondisi kedua pembangkit sama-sama berjalan dari nilai variabel minimum sampai ke maksimum. Sedangkan skema 2 dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui performa *system hybrid* pada saat kondisi kedua pembangkit berjalan saling berlawanan nilai variabelnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 13, tabel 14, tabel 15, dan tabel 16.

Tabel 13. Pengujian Hybrid Tanpa Beban Lampu Skema 1

No	Daya Total Pout Alternator + Pout Panel Surya	Alternator				Panel Surya		
		Pin=T.ω		Pout= V.I		Pin=Ir.A.η	Pout= V.I	
		T(N.m)	ω(Rpm)	V(Volt)	I(Amp)	Ir (Kwh/m2)	V(Volt)	I(Amp)
1	32,86	0,19	450	11,45	2,41	200	11,45	0,46
2	37,31	0,21	600	11,66	2,48	300	11,66	0,72
3	43,73	0,21	750	12,53	2,64	400	12,53	0,85
4	55,94	0,22	1000	13,04	3,07	500	13,04	1,22
5	63,12	0,22	1250	13,43	3,25	600	13,43	1,45
6	81,58	0,22	1500	13,85	4,15	700	13,85	1,74
7	89,17	0,22	1750	13,89	4,54	800	13,89	1,88
8	96,95	0,23	2000	13,91	4,72	900	13,91	2,25
9	107,85	0,23	2380	13,97	5,07	1000	13,97	2,65

Pada tabel 13 menampilkan data hasil pengujian system hybrid tanpa beban lampu dengan skema 1. Pada pengujian ini dilakukan dalam kondisi mesin sedang berjalan dengan memvariasikan putaran mesin mulai dari 450 Rpm sampai dengan 2380 Rpm, Kemudian untuk melakukan pengujian ini kami lakukan mulai dari jam 7 pagi sampai jam 2 siang untuk mengambil data dari radiasi cahaya matahari yang dimulai dari sekitar 200 Kwh/m² sampai dengan 1000 Kwh/m².

Tabel 14. Pengujian Hybrid Tanpa Beban Lampu Skema 2

No	Daya Total	Alternator				Panel Surya		
		Pin=T.ω		Pout= V.I		Pin=Ir.A.η		Pout= V.I
	Pout Alternator + Pout Panel Surya	T(N.m)	ω(Rpm)	V(Volt)	I(Amp)	Ir (Kwh/m ²)	V(Volt)	I(Amp)
1	62,55	0,19	450	12,56	2,47	1000	12,56	2,51
2	58,76	0,21	600	12,61	2,53	900	12,61	2,13
3	55,04	0,21	750	12,51	2,55	800	12,51	1,85
4	61,87	0,22	1000	12,81	3,08	700	12,81	1,75
5	60,05	0,22	1250	12,75	3,26	600	12,75	1,45
6	70,76	0,22	1500	12,96	4,15	500	12,96	1,31
7	66,92	0,22	1750	12,65	4,41	400	12,65	0,88
8	72,01	0,23	2000	12,59	4,87	300	12,59	0,85
9	70,23	0,23	2380	12,43	5,11	200	12,43	0,54

Pada tabel 14 menampilkan data hasil pengujian system hybrid tanpa beban lampu dengan skema 2. Pada pengujian ini dilakukan dalam kondisi mesin sedang berjalan dengan memvariasikan putaran mesin mulai dari 450 Rpm sampai dengan 2380 Rpm, Kemudian untuk melakukan pengujian ini kami lakukan mulai dari jam 1 siang sampai jam 5 sore untuk mengambil data dari radiasi cahaya matahari yang dimulai dari sekitar 1000 Kwh/m² sampai dengan 200 Kwh/m².

Tabel 15. Pengujian Hybrid Dengan Beban Lampu Skema 1

No	Daya Total	Alternator				Panel Surya		
		Pin=T.ω		Pout= V.I		Pin=Ir.A.η	Pout= V.I	
	Pout Alternator + Pout Panel Surya	T(N.m)	ω(Rpm)	V(Volt)	I(Amp)	Ir (Kwh/m ²)	V(Volt)	I(Amp)
1	72,65	0,19	450	11,55	5,57	200	11,55	0,72
2	95,00	0,21	600	11,86	6,64	300	11,86	1,37
3	102,36	0,21	750	12,56	6,74	400	12,56	1,41
4	107,27	0,22	1000	12,77	6,76	500	12,77	1,64
5	110,85	0,22	1250	12,89	6,82	600	12,89	1,78
6	123,97	0,22	1500	13,33	6,83	700	13,33	2,47
7	127,35	0,22	1750	13,49	6,85	800	13,49	2,59
8	132,54	0,23	2000	13,58	6,94	900	13,58	2,82
9	136,09	0,23	2380	13,83	6,98	1000	13,83	2,86

Pada tabel 15 menampilkan data hasil pengujian system hybrid dengan beban lampu dinyalakan dengan skema 1. Pada pengujian ini dilakukan dalam kondisi mesin sedang berjalan dengan memvariasikan putaran mesin mulai dari 450 Rpm sampai dengan 2380 Rpm, Kemudian untuk melakukan pengujian ini kami lakukan mulai dari jam 7 pagi sampai jam 2 siang untuk mengambil data dari radiasi cahaya matahari yang dimulai dari sekitar 200 Kwh/m² sampai dengan 1000 Kwh/m².

Tabel 16. Pangujian Hybrid Dengan Beban Lampu Skema 2

No	Daya Total	Alternator				Panel Surya		
		Pin=T.ω		Pout= V.I		Pin=Ir.A.η	Pout= V.I	
	Pout Alternator + Pout Panel Surya	T(N.m)	ω(Rpm)	V(Volt)	I(Amp)	Ir (Kwh/m ²)	V(Volt)	I(Amp)
1	106,45	0,19	450	12,48	5,65	1000	12,48	2,88
2	118,66	0,21	600	12,53	6,68	900	12,53	2,79
3	116,72	0,21	750	12,51	6,74	800	12,51	2,59
4	116,52	0,22	1000	12,61	6,76	700	12,61	2,48
5	108,16	0,22	1250	12,65	6,76	600	12,65	1,79
6	106,85	0,22	1500	12,66	6,79	500	12,66	1,65
7	105,50	0,22	1750	12,65	6,85	400	12,65	1,49
8	104,25	0,23	2000	12,59	6,92	300	12,59	1,36
9	93,34	0,23	2380	12,33	6,96	200	12,33	0,61

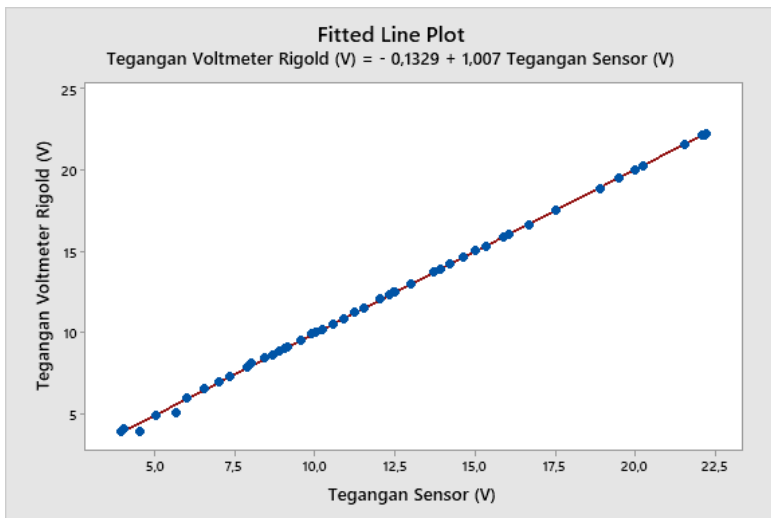
Pada tabel 16 menampilkan data hasil pengujian system hybrid dengan beban lampu dinyalakan dengan skema 2. Pada pengujian ini dilakukan dalam kondisi mesin sedang berjalan dengan memvariasikan putaran mesin mulai dari

450 Rpm sampai dengan 2380 Rpm, Kemudian untuk melakukan pengujian ini kami lakukan mulai dari jam 1 siang sampai jam 5 sore untuk mengambil data dari radiasi cahaya matahari yang dimulai dari sekitar 1000 Kwh/m² sampai dengan 200 Kwh/m².

4.2. Pembahasan

4.2.1. Analisis Performa Kerja Sensor

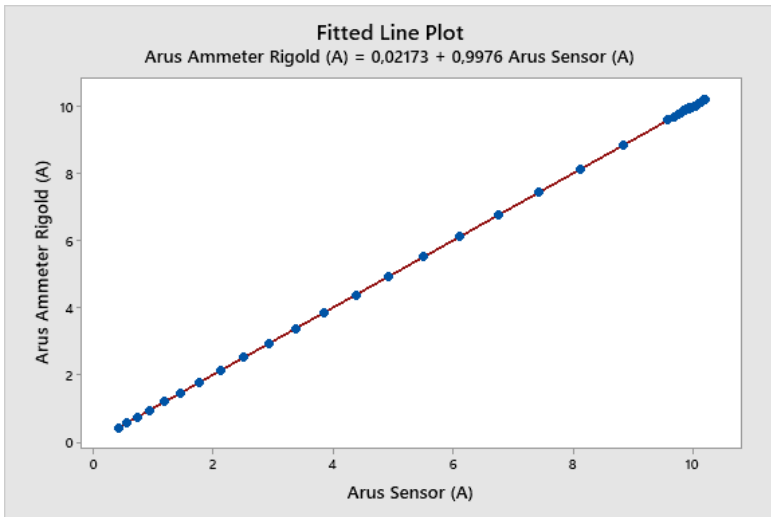
Untuk memastikan bahwa data yang didapat pada penelitian ini benar dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi maka pada penelitian ini perlu dilakukan kalibrasi sensor yang digunakan, data hasil kalibrasi yang didapat selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui apakah performa kerja sensor sudah sesuai dengan alat ukur yang sudah terkalibrasi atau belum. Dari data tabel hasil kalibrasi sensor tegangan jika kita gunakan analisis regresi linear maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 23. Grafik Analisis Regresi Linear Kalibrasi Sensor Tegangan

Dari Gambar 23 Grafik analisis regresi linear kalibrasi sensor tegangan menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini sudah cukup akurat atau presisi yaitu 99,96%. Sehingga data yang didapat pada penelitian nantinya dapat dipercaya nilai keakuratannya dan bisa digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

Dari data tabel hasil kalibrasi sensor arus jika kita gunakan analisis regresi linear maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 24. Grafik Analisis Regresi Linear Kalibrasi Sensor Arus

Dari Gambar 24 Grafik analisis regresi linear kalibrasi sensor arus menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor arus yang digunakan pada penelitian ini sudah cukup akurat atau presisi yaitu 99,96%. Sehingga data yang didapat pada penelitian nantinya dapat dipercaya nilai keakuratannya dan bisa digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

4.2.2. Analisis Performa Kerja Alternator

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan data hasil pengujian kerja alternator yang ditampilkan pada tabel 9 dan tabel 10 yang mana jika dianalisis lebih lanjut akan didapat hasil sebagai berikut :

$$T = \frac{45Ah}{5,04 A}$$

$$T = 8,92 h$$

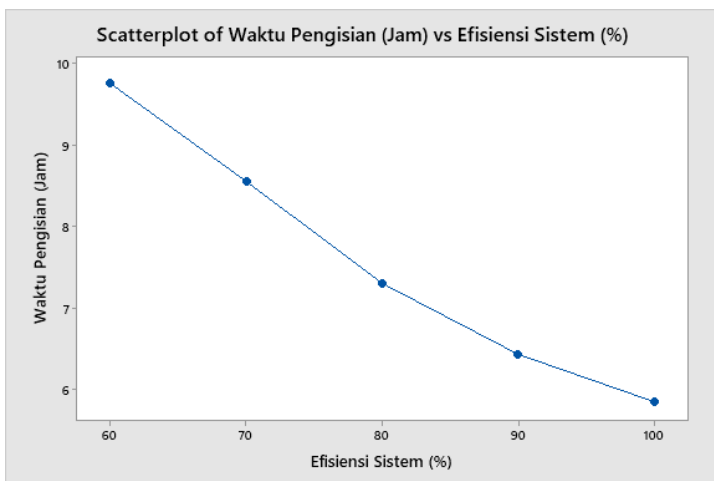
Jika diambil sampel pada putaran maksimal di 2380 rpm dengan pengujian tanpa beban lampu, arus yang dihasilkan oleh alternator yaitu sebesar 5,04 A sehingga untuk proses pengisian daya baterai dari kondisi kosong (20%) sampai

ke kondisi penuh (100%) maka dibutuhkan waktu selama 8,92 jam. Sedangkan apabila diambil sampel pada putaran maksimal di 2380 rpm dengan pengujian berbeban lampu, arus yang dihasilkan oleh alternator yaitu sebesar 6,96 A dengan rincian arus yang masuk ke baterai sebesar 4,49 A dan arus yang digunakan beban sebesar 2,5 A, maka bisa dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$T = \frac{45 Ah}{4,49 A}$$

$$T = 10,02 h$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan hasil yaitu untuk proses pengisian daya baterai dengan kondisi berbeban lampu dibutuhkan waktu selama 10,02 jam atau sama dengan 10 jam 2 menit. Hasil analisis tersebut didapatkan dengan catatan kondisi ideal (tidak ada kehilangan daya), baterai dalam kondisi kosong (20%), dan arus pengisian konstan.

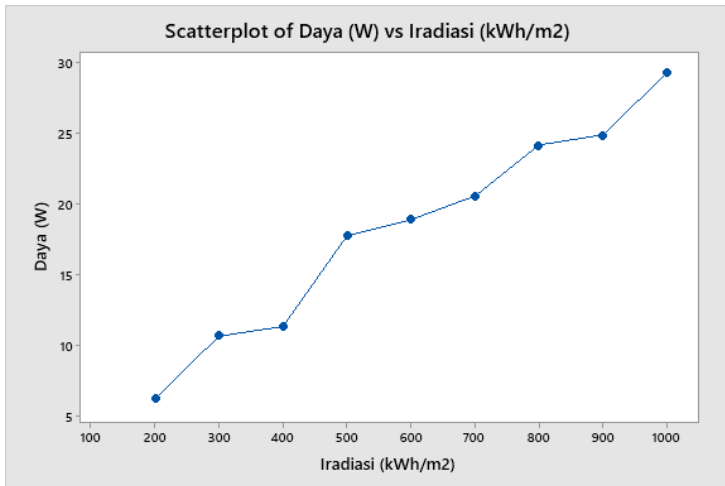


Gambar 25. Grafik Estimasi Waktu Pengisian Daya Baterai vs Efisiensi Sistem

Berdasarkan grafik pada gambar 25 bisa disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase efisiensi sistem pengisian maka proses pengisian daya baterai juga akan semakin cepat. Pada umumnya efisiensi sistem pengisian yaitu berkisar antara 70% - 85%.

4.2.3. Analisis Performa Kerja Panel Surya

Berdasarkan data hasil pengujian yang didapat ditampilkan pada tabel 11 dan tabel 12, bisa dilihat bahwa pola tegangan dan arus terhadap iradiasi seiring meningkatnya iradiasi dari 200 hingga 1000 kWh/m² yaitu tegangan output naik perlahan dari 10,88 V ke 13,68 V, arus output meningkat lebih signifikan dari 0,52 A ke 2,53 A, sehingga bisa dikatakan bahwa arus output panel surya sangat bergantung terhadap intensitas cahaya matahari sedangkan tegangan relatif naik dengan konstan.

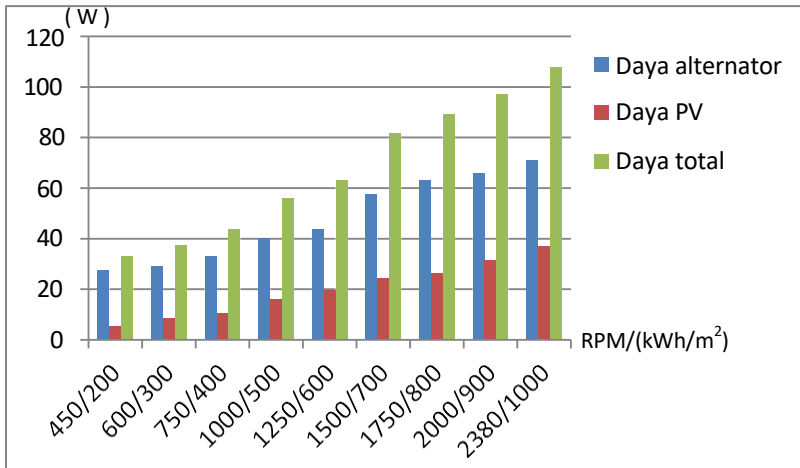


Gambar 26. Grafik Daya Output Panel Surya vs Iradiasi

Pada gambar 26 grafik menunjukkan hubungan positif antara iradiasi matahari (dalam kWh/m²) dan daya output panel surya, artinya semakin tinggi iradiasi matahari maka semakin tinggi daya output panel surya yang dihasilkan dan kurva menunjukkan peningkatan yang cukup linear meskipun ada sedikit variasi.

4.2.4. Analisis Performa Kerja Sistem Hybrid

Pada tabel 13 menampilkan data hasil pengujian sistem hybrid dengan tanpa beban lampu, apabila ditampilkan dalam bentuk grafik maka dapat dilihat pada gambar 27 sebagai berikut :



Gambar 27. Perbandingan Daya Output Alternator, Panel Surya dan Daya Total

Pada gambar 27 grafik menunjukkan bahwa daya alternator (biru) meningkat seiring bertambahnya Rpm. Ini sesuai dengan karakteristik generator bahwa semakin tinggi kecepatan putar maka semakin besar daya yang dihasilkan. Kemudian daya panel surya (merah) meningkat seiring dengan naiknya nilai iradiasi matahari, karena intensitas cahaya mempengaruhi jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya. Dan daya total (hijau) merupakan jumlah daya dari keduanya dan jelas menunjukkan tren peningkatan yang lebih signifikan karena menggabungkan dua sumber pembangkit energi (Hybrid).

Untuk menghitung lama waktu pengisian baterai dengan kapasitas 45 Ah digunakan nilai arus gabungan dari dua sumber energi yaitu alternator dan panel surya. Jika diambil sampel pada nilai maksimal yaitu di kecepatan 2380 Rpm alternator menghasilkan arus keluaran sebesar 6,68 A dan pada nilai iradiasi 1000 kWh/m² panel surya menghasilkan arus keluaran sebesar 2,86 A maka total arus gabungan keduanya yaitu 9,54 A dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Pengisian (h)} &= \text{Kapasitas Baterai (Ah)} / \text{Arus Total (A)} \\
 &= 45 \text{ Ah} / 9,54 \text{ A} \\
 &= 4,71 \text{ h}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian daya baterai dengan menggunakan sistem hybrid ini adalah 4,71 jam atau sama dengan 4 jam 42 menit dengan catatan kondisi ideal. Sedangkan apabila diambil sampel pada tabel 16 baris terakhir dimana alternator pada kecepatan 2380 RPM

menghasilkan arus keluaran sebesar 6,96 A dan iradiasi cahaya matahari sebesar 200 kWh/m² panel surya menghasilkan arus keluaran sebesar 0,61 A sehingga arus totalnya adalah 7,57 A maka lama waktu pengisian baterai dengan kapasitas 40 Ah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Waktu Pengisian (h)} &= \text{Kapasitas Baterai (Ah)} / \text{Arus Total (A)} \\ &= 45 \text{ Ah} / 7,57 \text{ A} \\ &= 5,94 \text{ h}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian daya baterai dengan menggunakan sistem hybrid ini adalah 5,94 jam atau sama dengan 5 jam 53 menit dengan catatan kondisi ideal.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dari hasil penelitian pada bab sebelumnya maka disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini diketahui bahwa supaya aktifitas nelayan di malam hari tetap dapat berjalan mereka membutuhkan energi listrik sebesar 0,54 kWh untuk menyalakan lampu penerangan selama 9 jam.
2. Dengan dibuatnya sistem pengisian daya baterai secara kombinasi (*Hybrid alternator*) dan panel surya ini mampu untuk memberikan solusi pengisian daya baterai yang andal dan berkelanjutan, khususnya kebutuhan energi listrik untuk pengisian daya baterai pada kapal nelayan tradisional disemua kondisi cuaca.
3. Dengan dibuatnya sistem akuisisi data dengan memasang sensor PZEM-017, sensor radiasi dan sensor kecepatan yang dapat di olah menggunakan ESP32 dan kemudian disimpan disebuah micro-sdcard maka data-data berupa tegangan, arus listrik, daya listrik, radiasi cahaya matahari, dan putaran mesin pada pembangkit *hybrid* yang dibuat dapat diakses dengan mudah.

5.2. Saran

Setelah selesai melakukan penelitian ini peneliti ingin menyampaikan beberapa saran yang bertujuan untuk menjadikan penelitian ini lebih baik kedepannya :

1. Disarankan untuk mengembangkan sistem manajemen energi (*Energy Management System/EMS*) yang mampu mengatur pembagian beban dan prioritas penggunaan energi antara *alternator* dan panel surya secara otomatis sesuai kondisi operasional dan cuaca.
2. Disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan jenis baterai dengan efisiensi penyimpanan dan umur pakai yang lebih tinggi, seperti baterai lithium-ion, untuk meningkatkan efektivitas dan daya tahan sistem.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan analisis kelayakan ekonomi (*cost-benefit analysis*) dari penerapan sistem ini dalam jangka panjang, untuk memastikan sistem ini tidak hanya teknis layak, tetapi juga ekonomis bagi masyarakat nelayan.

Daftar Pustaka

- Akbar, H., Cahyadi, I., & Zanki, I. (2020). Analisis Pemanfaatan Energi Surya, Angin dan Gelombang Laut Dalam Mengatasi Kelangkaan BBM Bagi Masyarakat Pesisir Pantai. *Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa*.
- Andari, R., Amalia, S., & Tinambunan, C. D. (2022). Sistem Monitoring Pengisian Baterai PLTS 100Wp Menggunakan Sensor PZEM 004t dan Sensor Tegangan DC. *SAINS DAN TEKNOLOGI*, 28-38.
- BPK. (2015). *peraturan*. Retrieved from www.bpk.go.id:https://peraturan.bpk.go.id/Details/5621/pp-no-50-tahun-2015
- Fathoni, Pracoyo, A., & Winarno, T. (2019). Rancangan Rangkaian Pengatur Pengisian Baterai Pada pembangkit Listrik DC Gabungan Panel Surya dan Alternator. *Jurnal ELTEK*.
- Irwansyah, & Azis, F. (2020). Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Untuk Sumber Pencahayaan Pada Perahu Nelayan. *Journal Of Electrical Engineering*.
- Kab.Lingga. (2023). Retrieved from linggakab.go.id:https://linggakab.go.id/geografi-dan-demografi/
- KKP. (2023). *kapal*. Retrieved from www.statistik.kkp.go.id:https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=kapal&i=5#panel-footer-kpda
- KKP. (2023). *nelayan*. Retrieved from www.statistik.kkp.go.id:https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=nelayan&i=6#panel-footer-kpda
- Loegimin, M. S., Sumantri, B., Nugroho, M. A., Hasnira, & Windarko, N. A. (2020). Sistem Pendingin Air Untuk Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Integrasi*, 21-30.
- Mulyadi, M., Musa, L. O., & Yunus, M. Y. (2018). Teknologi Panel Surya Perahu Nelayan., (pp. 66-69).
- Pushidrosal. (2018, Agustus 18). *Pushidrosal*. Retrieved from <https://www.pushidrosal.id/berita/5256/DATAKELAUTAN-YANG-MENJADIRUJUKAN-NASIONAL--DILUNCURKAN/>
- Sardi, J., Pulungan, A. B., Risfendra, & Habibullah. (2019). Teknologi Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Untuk Sistem Penerangan Pada Kapal Nelayan. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UNSIQ*, 21-26.
- Suartika, I. M., Okariawan, I. D., & Saputra, W. (2022). Penambahan alternator pada mesin ketinting untuk melayani kebutuhan daya lampu nelayan tradisional pada malam hari. *Dinamika Teknik Mesin*.
- Wijatmika, Aliredjo, M. S., & Sutisna, D. H. (2022). Desain Inovasi Teknologi Tepat Guna Alternator sebagai Alat Pembangkit Listrik di Kapal Perikanan Ukuran < 10 GT. *Jurnal Agribisnis Perikanan*, 343-349.

Zamista, A. A. (2017). Perancangan Solar Cell untuk Kebutuhan Energi Listrik pada Kapal Nelayan. *Unitek*.

Biodata



Nama : Syukur Dwi Febri Pangestu
TTL : Pemalang, 13 Februari 1997
Agama : Islam
Alamat : Perumahan Taman Lestari Blok E5
No.19, Kibing, Batu Aji.
Email : Syukurdwi14@gmail.com
Riwayat Pendidikan :
SMA/SMK : SMKN 1 Ampelgading
SMP : SMPN 3 Pemalang

Lampiran

Lampiran 1. Data Hasil Kalibrasi Sensor PZEM-017

Tabel. Kalibrasi Sensor PZEM-017

Waktu	Tegangan Sensor PZEM-017 (V)	Tegangan Voltmeter Rigold (V)	Arus Sensor PZEM-017 (A)	Arus Ammeter Rigold (A)
17:03:05	4,00	4,04	0,40	0,42
17:03:10	4,38	4,42	0,55	0,56
17:03:15	4,77	4,78	0,72	0,72
17:03:20	5,15	5,17	0,93	0,94
17:03:25	5,54	5,57	1,18	1,20
17:03:30	5,92	5,95	1,45	1,46
17:03:35	6,31	6,33	1,76	1,78
17:03:40	6,69	6,70	2,11	2,13
17:03:45	7,08	7,13	2,49	2,52
17:03:50	7,46	7,48	2,91	2,93
17:03:55	7,85	7,88	3,36	3,38
17:04:00	8,23	8,25	3,85	3,86
17:04:05	8,62	8,66	4,37	4,37
17:04:10	9,00	9,04	4,92	4,94
17:04:15	9,39	9,43	5,50	5,53
17:04:20	9,77	9,78	6,11	6,13
17:04:25	10,16	10,16	6,75	6,76
17:04:30	10,54	10,54	7,42	7,44
17:04:35	10,93	10,94	8,11	8,11
17:04:40	11,31	11,33	8,83	8,83
17:04:45	11,70	11,72	9,57	9,59
17:04:50	12,08	12,11	9,68	9,68
17:04:55	12,47	12,48	9,75	9,76
17:05:00	12,85	12,88	9,81	9,82
17:05:05	13,24	13,25	9,85	9,87
17:05:10	13,62	13,63	9,88	9,88
17:05:15	14,01	14,04	9,90	9,92
17:05:20	14,39	14,40	9,92	9,92
17:05:25	14,78	14,79	9,93	9,93
17:05:30	15,16	15,18	9,94	9,95
17:05:35	15,55	15,58	9,95	9,96

17:05:40	15,93	15,95	9,96	9,97
17:05:45	16,32	16,33	9,97	9,97
17:05:50	16,70	16,73	9,97	9,97
17:05:55	17,09	17,12	9,98	9,96
17:06:00	17,47	17,48	9,98	9,96
17:06:05	17,86	17,87	9,99	9,97
17:06:10	18,24	18,26	9,99	9,97
17:06:15	18,63	18,63	9,99	9,97
17:06:20	19,01	19,02	9,99	9,97
17:06:25	19,40	19,42	10,03	10,01
17:06:30	19,78	19,79	10,04	10,02
17:06:35	20,17	20,18	10,09	10,07
17:06:40	20,55	20,56	10,10	10,08
17:06:45	20,94	20,95	10,10	10,08
17:06:50	21,32	21,33	10,14	10,11
17:06:55	21,71	21,74	10,13	10,13
17:07:00	22,09	22,12	10,14	10,14
17:07:05	22,48	22,49	10,18	10,19
17:07:10	22,50	22,51	10,20	10,22

Lampiran 2. Dokumentasi Alat









