

RANCANG BANGUN ALAT KINCIR AIR TAMBAK UDANG TENAGA HYBRID BERBASIS MIKRO KONTROLLER

Bahrul Khoirul Arifin¹⁾ Denny Irawan²⁾

1,) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik Jl. Sumatra No 101, Gresik 61121, Jawa Timur, Indonesia

E-mail ¹⁾bahrulganteng.082@gmail.com, ²⁾den2mas@umg.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan sistem energi hibrida baru untuk menggerakkan kincir air di tambak udang, yang bertujuan untuk mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kualitas air. Dengan mengintegrasikan sumber energi surya, angin, dan air, sistem ini menawarkan solusi yang berkelanjutan dan andal untuk akuakultur. Sistem pemantauan yang tangguh, yang menggunakan sensor dan platform berbasis cloud, memungkinkan pengumpulan data waktu nyata dan kendali jarak jauh. Studi ini berfokus pada perancangan, penerapan, dan evaluasi kinerja sistem hibrida dalam berbagai kondisi pengoperasian. Hasil eksperimen menunjukkan efektivitas sistem dalam menghasilkan listrik dan menjaga kualitas air yang optimal di tambak udang. Temuan ini berkontribusi pada pengembangan praktik akuakultur yang berkelanjutan dan hemat biaya.

Kata kunci: sistem energi hibrida, tambak udang, kincir air, energi surya, energi angin, IoT,

ABSTRACT

This research proposes a novel hybrid energy system to power water wheels in shrimp ponds, aiming to reduce operational costs and enhance water quality. By integrating solar, wind, and water energy sources, the system offers a sustainable and reliable solution for aquaculture. A robust monitoring system, employing sensors and a cloud-based platform, enables real-time data collection and remote control. The study focuses on designing, implementing, and evaluating the performance of the hybrid system under various operating conditions. Experimental results demonstrate the system's effectiveness in generating electricity and maintaining optimal water quality in shrimp ponds. The findings contribute to the development of sustainable and cost-effective aquaculture practices.

Keywords: hybrid energy system, shrimp pond, water wheel, solar energy, wind energy, IoT,

1. PENDAHULUAN

Budidaya tambak udang merupakan salah satu peluang usaha dengan potensi keuntungan yang sangat besar. Potensi ini didukung oleh data peningkatan jumlah ekspor udang yang terus meningkat setiap tahun. Berdasarkan laporan tahunan Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia tahun 2018, udang menduduki peringkat kedua sebagai komoditas ekspor utama produk perikanan dalam hal volume, mencapai 197,42 ribu ton. Namun,

banyak pengusaha tambak udang menghadapi kerugian hingga kebangkrutan karena udang rentan terhadap serangan penyakit. Oleh karena itu, perawatan kualitas air tambak, terutama peningkatan kadar oksigen terlarut, sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan kesehatan udang. Ketersediaan oksigen yang cukup membantu udang bernapas dengan baik dan mencegah stres akibat kekurangan oksigen [1] Udang pada masa pertumbuhan membutuhkan lebih banyak oksigen karena memerlukan energi yang lebih besar serta memiliki laju metabolisme

yang lebih tinggi dibandingkan udang yang berukuran lebih besar. Kincir air pada tambak udang menjadi komponen vital untuk meningkatkan kualitas air, terutama sebagai sumber oksigen terlarut, sekaligus membantu menjaga kestabilan suhu air dengan menciptakan sirkulasi yang merata. Fungsi utama kincir air adalah menggerakkan air di tambak sehingga menghasilkan aliran dan percikan yang kuat, yang berkontribusi pada peningkatan kandungan oksigen dalam air [2] Sebagian besar petanitambak udang menggunakan motor berdaya 1 HP dengan sumber tegangan listrik 220/380V, baik 1 fasa maupun 3 fasa, untuk menggerakkan kincir air sebagai alat aerasi tambak. Namun, penggunaan listrik untuk operasional kincir air menjadi komponen biaya terbesar ketiga dalam budidaya, setelah pakan dan benih, yaitu mencapai 15% dari total biaya produksi.[3] Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan energi terbarukan dalam sistem pertanian untuk menekan biaya listrik dan mengurangi beban produksi energi yang digunakan. Penelitian sebelumnya yang berjudul Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Catu Daya Kincir Air pada Tambak Perikanan merancang alat yang memanfaatkan sumber energi matahari melalui PLTS dan sumber listrik PLN. Sistem ATS ini memungkinkan perpindahan otomatis antara kedua sumber daya, di mana listrik dari PLN akan digantikan oleh PLTS saat daya dari PLN tidak tersedia. Rancangan ini efektif untuk mengurangi beban daya pada motor kincir air berkapasitas 1 HP.[4]. Penelitian sebelumnya yang berjudul Penerapan Pembangkit Hybrid sebagai Penggerak Kincir Air pada Tambak Udang membahas penggunaan pembangkit listrik hybrid (PLTH) yang mengombinasikan dua atau lebih sumber energi untuk menghasilkan daya yang dapat digunakan sebagai suplai beban. Kombinasi energi angin dan matahari, yang memiliki efisiensi tinggi, dimanfaatkan sebagai sumber energi berkelanjutan dalam sistem ini [5]. Penelitian sebelumnya yang berjudul Penerapan Teknologi Tepat Guna Pembangkit Listrik Hybrid Photovoltaic dan Turbin Angin Model Horizontal Menggunakan Sensor PZEM

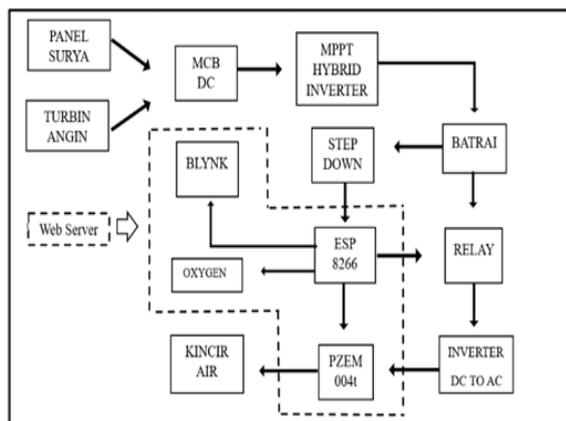
004T Kontrol Berbasis Data Logger mengkaji teknologi pembangkit listrik hybrid yang mengintegrasikan panel surya (photovoltaic) dan turbin angin horizontal. Sistem ini menggunakan sensor PZEM 004T berbasis data logger untuk memanfaatkan energi matahari dan angin secara efisien dan berkelanjutan. Komponen utama dalam sistem ini meliputi panel PV, turbin angin, sensor PZEM 004T, serta data logger yang berfungsi untuk mengukur dan menganalisis data listrik. Teknologi ini menawarkan efisiensi energi, pengelolaan data yang efektif, serta kontrol cerdas untuk menghasilkan listrik secara optimal. Aplikasi sistem ini cocok untuk daerah terpencil, rumah tangga, hingga penerangan jalan yang memerlukan pasokan listrik yang stabil [6]. Penulis mengusulkan penggunaan kincir air berbasis sistem hybrid yang dilengkapi dengan rangkaian pendukung untuk menghasilkan output tegangan serta kemampuan pengiriman data jarak jauh menggunakan sensor tegangan ZT004. Sensor ini berfungsi memantau dan mengukur tegangan listrik yang dihasilkan dari kombinasi sumber daya PLTS dan kincir angin vertikal, lalu mengirimkan data secara real-time ke pusat kontrol melalui jaringan nirkabel. Sistem ini mempermudah pengawasan dan pengelolaan energi, memungkinkan penyesuaian dan optimasi secara cepat, sehingga pasokan energi dapat terjaga dengan optimal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan teknologi kincir air bertenaga hybrid yang memadukan energi air dengan tenaga surya atau angin untuk menghasilkan listrik secara efisien dan berkelanjutan. Desain dan konfigurasi kincir air dievaluasi untuk meningkatkan produksi energi dan stabilitas daya. Dalam sistem ini, sensor ZT004 dan modul Node MCU 8266 digunakan untuk pemantauan real-time melalui platform Blynk, memungkinkan pengelolaan otomatis. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk memahami pola produksi energi dan faktor-faktor yang memengaruhi kinerja. Keandalan dan keamanan sistem diuji dalam berbagai kondisi lingkungan, sementara potensi aplikasi praktis dan aspek ekonominya dievaluasi untuk menentukan kelayakan investasi. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengurangan emisi karbon sekaligus mendukung inisiatif energi hijau global.

2. METODE PENELITIAN

Pada metode Penelitian ini terdiri dari : Diagram Sistem, Perancangan Sistem, Perancangan Software, Perancangan Hardware dan Perancangan Program.

2.1. Diagram Sistem

Konsep blok sistem untuk monitoring tegangan pada kincir air tenaga hybrid dengan menggunakan sensor PZEM004T yang terhubung ke mikrokontroler terintegrasi dan web server melibatkan interaksi antara beberapa komponen utama. Adapun konsep dari awal dalam pembuatan prototype ini dapat dilihat pada gambar.



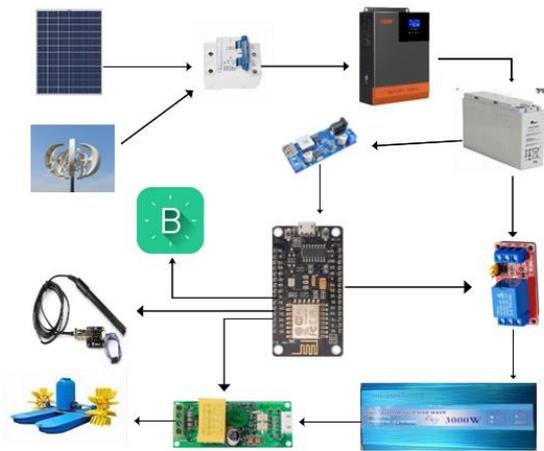
Gambar 1. Blok Sistem

Berdasarkan blok diagram tersebut, sistem mendapatkan suplai energi dari sumber hybrid, yaitu panel surya dan turbin angin. Energi yang dihasilkan oleh kedua sumber untuk menggerakkan kincir air, modul PZEM-004T untuk memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan energi pada beban kincir air ketika aktif. Data pengukuran ini kemudian dikirimkan melalui mikrokontroler ESP8266. MPPT Hybrid Inverter mengkonversi energi DC dari panel surya dan turbin angin menjadi AC, yang digunakan untuk mengisi baterai atau langsung mensuplai energi ke kincir air jika daya baterai mencukupi. ESP8266 bertugas mengelola penggunaan baterai, serta mengendalikan inverter yang mensuplai daya ke

kincir air. Data dari ESP8266 juga dikirimkan ke platform IoT BLYNK untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui dashboard yang tersedia di aplikasi BLYNK. Sistem ini bekerja dalam kondisi baterai sudah terisi 50% - 90% supaya baterai lebih panjang masah pakainya.

2.2 Desain Hardware

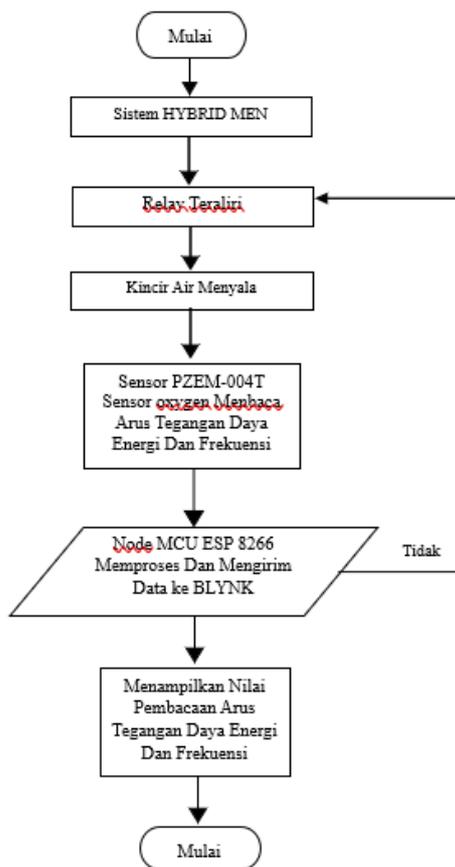
Desain hardware ini dibuat untuk menggunakan komponen-komponen yang akan digunakan untuk tata letak hardware. Penempatan hardware dirancang sedemikian rupa untuk memiliki tata letak yang optimal. Adapun gambar yang dapat di lihat pada gambar.



Gambar 2. Desain Hardware

2.3 Perancangan Sistem

Pada tahap kali ini akan dijelaskan sebagai berikut terdapat alur sebuah sistem dari cara kerja alat yang telah digambarkan melalui Gambar 3. 4 dibawah.



Gambar 3. Flowchart Sistem Kerja

1. Sistem hybrid dinyalakan dan relay aktif untuk menyalakan inverter otomatis kincir air menyala
2. Kincir air berputar, memakan listrik yang diukur oleh sensor PZEM-004T (Arus, Tegangan, Daya, Energi, Frekuensi).
3. NodeMCU bekerja sebagai kontrol off/on pada kincir air dan juga memproses mengirim data pengukuran ke platform Blynk.
4. Platform Blynk menampilkan data dari apa yang di baca oleh sensor dari pembacaan arus tegangan daya energi dan frekuensi tersebut kepada pengguna .
5. Sistem terus beroperasi dalam loop pemantauan ini selama kondisi tertentu terpenuhi (kemungkinan terkait kondisi kincir air atau parameter listrik).

2.4 Perancangan Software

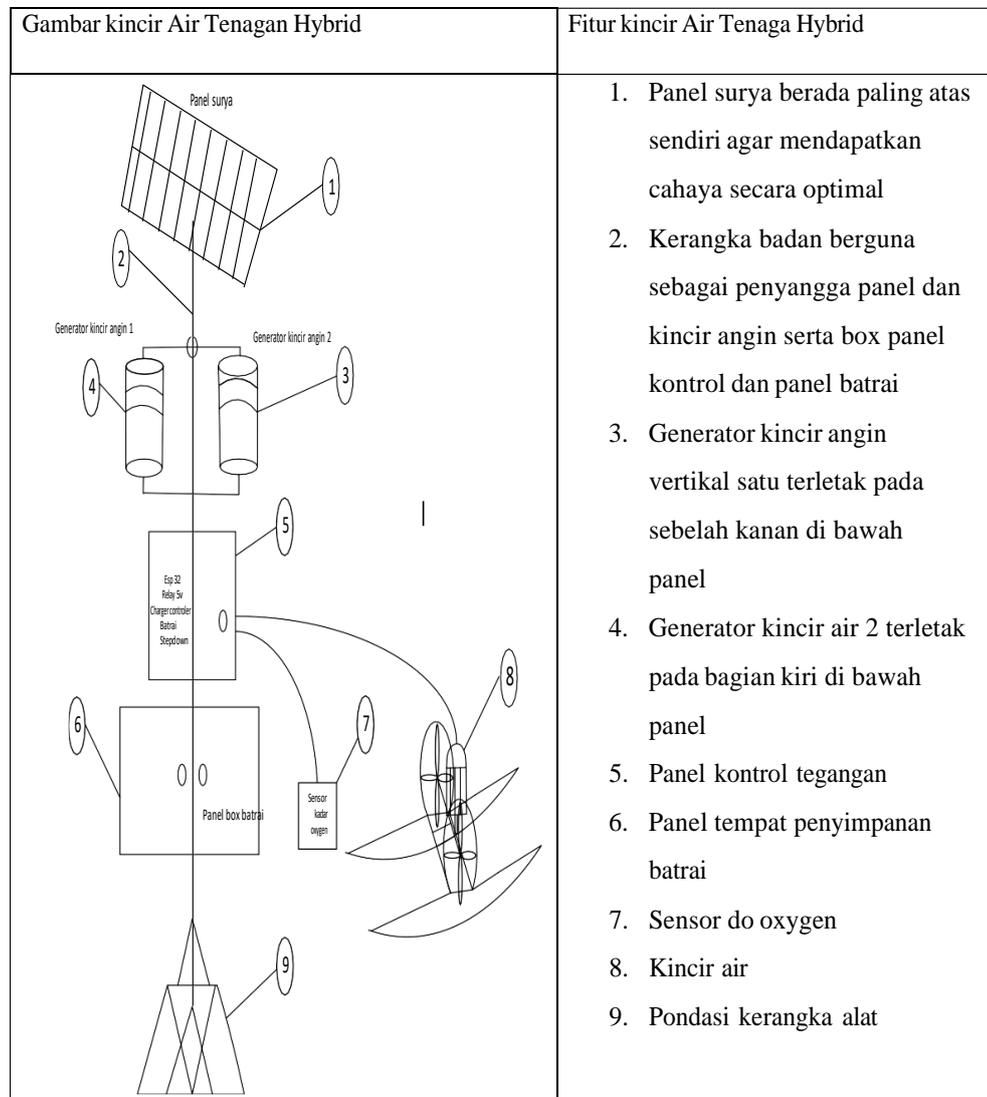
Desain software ini menjelaskan langkah-langkah kerja program pada sistem monitoring

dan kontrol kincir air tambak udang berbasis IoT. Alur program ditampilkan pada Gambar 3, yang menggambarkan integrasi antara sensor-sensor, mikrokontroler, dan platform pemantauan berbasis internet.

Pada Gambar 3, sistem dirancang untuk memantau parameter listrik menggunakan sensor PZEM-004T dan kualitas air menggunakan sensor dissolved oxygen (DO). Data dari kedua sensor ini diproses oleh mikrokontroler ESP8266 dan dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi. Platform Blynk berfungsi sebagai antarmuka pemantauan real-time dan kontrol jarak jauh, memungkinkan pengguna untuk melihat kondisi listrik dan kadar oksigen terlarut serta mengaktifkan atau menonaktifkan kincir air sesuai kebutuhan. Integrasi kedua sensor ini bertujuan untuk menjaga kestabilan suplai energi sekaligus memastikan kualitas air tetap optimal bagi pertumbuhan udang.

2.5 Perancangan Hardware

Desain hardware ini mencakup beberapa komponen yang berfungsi untuk memantau kadar oksigen terlarut di tambak udang serta mengawasi tegangan pada sistem hybrid. Sistem ini menggunakan dua sumber energi terbarukan, yakni panel surya dan turbin angin, sebagai penggerak kincir air sekaligus alternatif energi ramah lingkungan. Panel surya ditempatkan di atas struktur yang sama dengan dua turbin angin, sehingga secara visual tampak seolah panel menyuplai daya ke turbin. Padahal, kedua sumber energi ini bekerja secara terpisah dan digunakan bersama untuk mengisi baterai sistem. Enampon komponen yang menyatu ini bertujuan untuk menghemat ruang dan mengoptimalkan penangkapan energi. Penggunaan dua turbin angin dimaksudkan untuk P meningkatkan efisiensi pembangkitan listrik dan menjaga keseimbangan struktur, bukan karena keduanya bergantung langsung pada panel surya. Jika sebelumnya belum dijelaskan, maka penting untuk menegaskan bahwa konfigurasi ini dipilih untuk menunjang efektivitas sistem hybrid dalam mengoperasikan kincir air secara optimal.



Gambar 4. Desain Prototype

2.6 Perancangan Sistem (software) Esp 8266 ke Aplikasi Blink

Pada tahap awal ini, untuk memulai pengujian Pengujian akurasi sensor PZEM-004T dilakukan dengan menghubungkannya ke Arduino/ESP8266 via Modbus RTU UART, sementara Fluke 117 dan Zelio Schneider berfungsi sebagai referensi. Proses diawali dengan kalibrasi menggunakan sumber listrik stabil (80-250V AC, 0.5-20A), kemudian

dilakukan pengujian dengan berbagai beban uji termasuk lampu pijar (beban resistif), motor listrik (beban induktif), dan heater (beban non-linear) untuk mengevaluasi performa sensor dalam berbagai karakteristik beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada beban resistif murni (lampu pijar), sensor mencapai akurasi $\pm 1\%$ untuk tegangan dan $\pm 1.8\%$ untuk arus, sementara pada beban induktif (motor listrik) terjadi penyimpangan hingga $\pm 2.2\%$ akibat harmonik. Pengujian beban non-linear (heater) menunjukkan akurasi $\pm 1.5\%$ untuk tegangan dan $\pm 2.5\%$ untuk arus, dengan

pengujian stabilitas 24 jam membuktikan konsistensi pembacaan meski terjadi fluktuasi beban secara periodik.



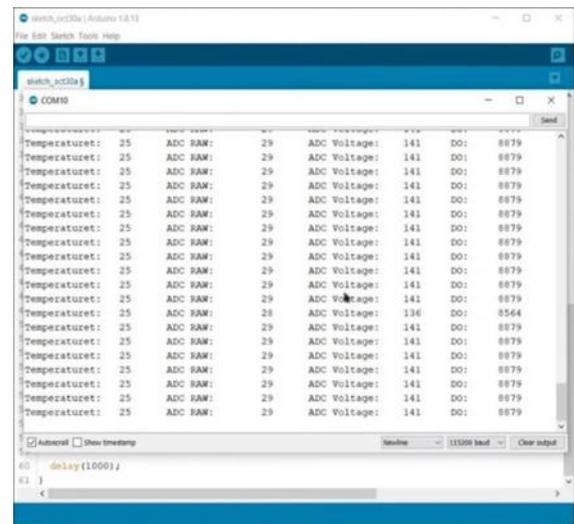
Gambar 5. Monitoring Tegangan

3. HASIL DAN DISKUSI

Pada bab ini membahas tentang pengujian setiap sensor maupun program yang terdapat pada alat yang telah dibuat. Dari setiap alat maupun program ini sudah di uji dengan sedetail mungkin sehingga mendapatkan hasil yang maksimal.

3.1 Pengujian Kalibrasi Pada Sensor Oxygen

Pengujian kalibrasi dilakukan dengan memantau hasil pembacaan sensor secara kontinu melalui Serial Monitor Arduino, di mana parameter suhu tercatat stabil pada 25°C, nilai ADC RAW konsisten di angka 29, tegangan ADC berada di kisaran 141 mV, dan nilai DO menunjukkan kestabilan pada 8879 dengan satu kali fluktuasi menjadi 8564, yang menunjukkan bahwa sistem pembacaan sensor bekerja secara akurat dan responsif terhadap perubahan nilai input selama proses kalibrasi dan bisa lihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Uji Kalibrasi Sensor Oxygen

3.2. Pengujian Alat

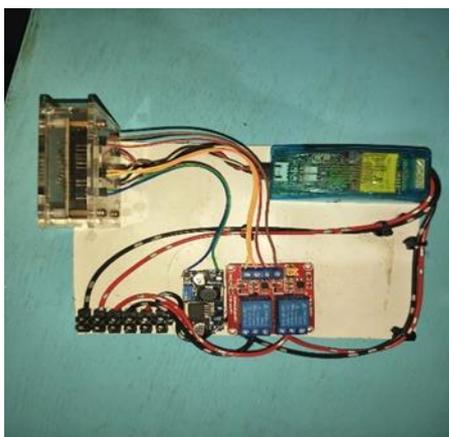
Uji coba yang dilakukan ini berguna untuk memastikan alat ini apakah bisa berfungsi sebagaimana yang diinginkan. Untuk pengujian ini bisa dikalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan bahwa alat ini bekerja dengan baik dan mengurangi resiko kegagalan perangkat yang berakibat fatal pada proses penelitian ini.

Uji coba sensor PZEM-004T dilakukan dengan beban lampu LED 10 watt yang terhubung ke sumber AC 220V. Sensor mengukur tegangan, arus, daya, dan energi, lalu mengirim data ke mikrokontroler untuk ditampilkan. Hasil pengukuran menunjukkan tegangan sekitar 220V, arus sekitar 0.045–0.050A, dan daya mendekati 10 watt. Uji coba ini membuktikan bahwa PZEM-004T dapat memantau beban rendah secara akurat dan cocok untuk sistem monitoring berbasis IoT.



Gambar 7. Gambar uji coba tegangan

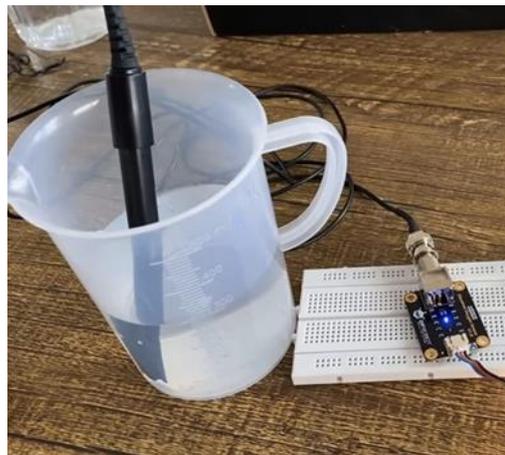
Sistem ini merupakan rangkaian kontrol berbasis mikrokontroler ESP8266 yang terintegrasi dengan sensor PZEM-004T, modul relay 5V, dan step-down buck converter. Fungsi utamanya adalah untuk memantau parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya melalui sensor PZEM-004T, yang kemudian datanya diolah dan dikendalikan oleh ESP8266. Modul relay digunakan sebagai saklar otomatis untuk mengatur beban sesuai logika pemrograman pada mikrokontroler, sedangkan step-down converter berperan menurunkan tegangan input agar sesuai dengan kebutuhan operasional relay 5V. Seluruh komponen disusun secara sistematis di atas papan akrilik untuk kemudahan pemasangan dan pengujian sistem. Berikut gambar rangkaiannya.



Gambar 8. Rangkaian pzem 004T

Uji coba sensor oksigen terlarut (DO) yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen

dalam air. Sensor dimasukkan ke dalam gelas ukur berisi air dan terhubung ke modul antarmuka yang dipasang pada breadboard. Modul ini menyala menandakan sensor aktif dan terhubung ke sistem mikrokontroler. Uji coba ini bertujuan untuk mengamati kemampuan sensor dalam mendeteksi kadar oksigen terlarut yang penting untuk aplikasi seperti monitoring kualitas air tambak atau akuarium berikut gambar uji coba.



Gambar 9. pengujian kadar oxygen pada

Sebelum memasang kabel sesuai dengan desain wiring yang telah dirancang, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menyusun dan menempatkan seluruh komponen pada bidang atau panel yang akan digunakan sebagai tempat instalasi. Penataan ini sangat penting untuk memastikan setiap komponen berada pada posisi yang tepat dan mudah diakses. Selain itu, jarak antar komponen juga harus diperhatikan agar pemasangan dapat dilakukan dengan aman dan tidak mengganggu fungsi masing-masing perangkat. Berikut ini disajikan rancangan penempatan komponen-komponen elektrik secara sistematis.



Gambar 10. Gambar layout



Gambar 11. Panel Bagian Depan

Pada tahap ini penulis menentukan perhitungan jumlah kebutuhan panel surya yang dibutuhkan pada robot berdasar perhitungan daya pada baterai. Dibawah ini merupakan rumus perhitungan. Diketahui, baterai dengan daya 12 V dan kapasitas baterai 200Ah. Bawah ini hasil dari perhitungan daya total baterai berdasarkan rumus diatas yaitu.

$$\text{Daya Total Baterai} = P_{\text{total_batrai}} = V_{\text{batrai}} \times A_{\text{batrai}}$$

$$\text{Jumlah Panel Yang Dibutuhkan} = N_{\text{panel}} = \frac{P_{\text{total_baterai}}}{P_{\text{panel}} \times T_{\text{matahari}}}$$

Jumlah turbin Yang Dibutuhkan =

$$N_{\text{turbin}} = \frac{P_{\text{total_baterai}}}{P_{\text{turbin}} \times T_{\text{angin}}}$$

Di ketahui,di sini menggunakan baterai dengan daya 12 V dan kapasitas baterai 200 Ah. Hasil perhitungan daya total baterai didapat dari rumus yang diatas:

$$\text{Daya Total Baterai : } 12 \text{ Volt} \times 200 \text{ Ah} = 2.400 \text{ watt}$$

Sistem hybrid ini beroperasi dari pukul 07.00 hingga 16.00 WIB dan mampu menghasilkan daya panel surya sebesar 8.000 Wh per hari. Perhitungan kebutuhan panel dilakukan berdasarkan kapasitas baterai. Meski disebut hybrid karena menggabungkan panel surya dan turbin angin, sistem ini belum sepenuhnya bekerja secara simultan ke beban, melainkan hanya mengisi baterai secara bergantian sesuai kondisi sumber daya. Kincir air juga tidak harus menyala terus-menerus; penggunaannya perlu dikontrol sesuai kebutuhan agar pemanfaatan energi efisien dan baterai lebih awet.

jumlah panel yang dibutuhkan

$$\frac{2400 \text{ watt}}{200 \text{ wp} \times 10 \text{ hours}} = 2.000 \text{ wh} = 206 \text{ menit}$$

jumlah Generator yang dibutuhkan =

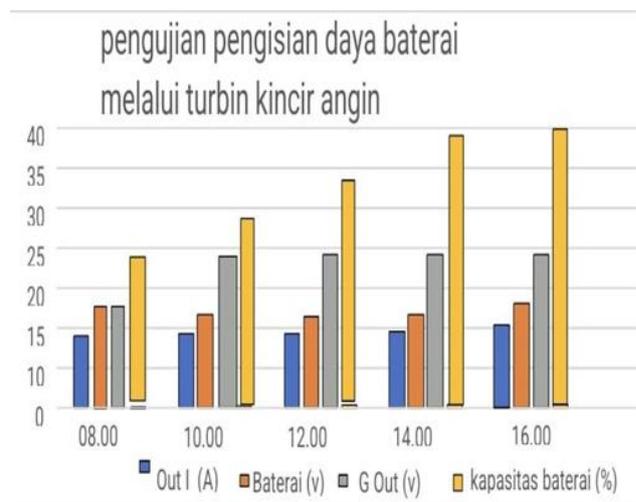
$$\frac{2400 \text{ watt}}{600 \text{ watt} \times 10 \text{ hours}} = 6.000 \text{ wh} = 368 \text{ menit}$$

Baterai yang di gunakan untuk pengisian baterai dengan kapasitas 200Ah selama satu hari yaitu 2 panel surya dengan 200 wp. dan generator 600watt Maka dengan analisa bahwa jika menggunakan 2 panel surya dan satu turbin angin vertikal daya aki yang di dikeluarkan tidak begitu lama. Berikutnya penulis melakukan proses pengujian pengisian daya baterai melalui panel surya dan turbin kincir angin. Di bawah ini merupakan hasil pengujian daya baterai.

Tabel 1. data hasil pengujian daya baterai melalui panel surya dan Generator vertikal

Jam	Pengujian	I Out (A)	P/G Out (v)	Baterai (V)	kapasitas Baterai (%)
07.00	Panel surya	4,4	28,8	22.6	20%
07.00	Generator	15.83	24	22.6	20%
08.00	Panel surya	4,4	29,5	22.8	25%
08.00	Generator	16.65	24	22.8	25%
09.00	Panel surya	4,4	30,4	23.2	30%
09.00	Generator	17.83	24	23.2	30%
10.00	Panel surya	4,4	31.8	23.5	40%
10.00	Generator	18.14	24	23.5	40%
11.00	Panel surya	4,4	32,5	24	50%
11.00	Generator	18.37	24	24	50%
12.00	Panel surya	4,4	33.8	24.7	65%
12.00	Generator	18.68	24	24.7	65%
13.00	Panel surya	4,4	34.1	24.8	75%
13.00	Generator	18.89	24	24.8	75%
14.00	Panel surya	7,8	34.2	25.1	80%
14.00	Generator	19,27	24	25.1	80%
15.00	Panel surya	7,7	32.5	25.5	90%
15.00	Generator	19,79	24	25.5	90%
16.00	Panel surya	7,7	31.	25.8	95%
16.00	Generator	19,54	24	25.8	95%

- a) I Out (A): Arus keluaran dari panel surya (warna biru)
- b) Tegangan Baterai (V): Tegangan pada baterai (warna oranye)
- c) P Out (V): Daya output dari panel surya (warna abu-abu)
- d) Kapasitas Baterai (%): Persentase kapasitas pengisian baterai (warna kuning)



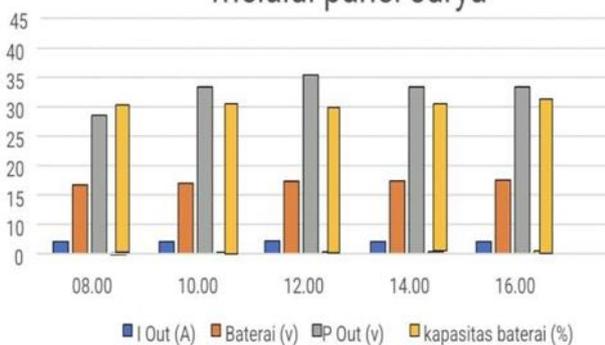
Gambar 13. Grafik pengujian pengisian daya baterai melalui turbin kincir angin Vertikal

Gambar tersebut merupakan grafik hasil pengujian pengisian daya baterai melalui turbin kincir angin yang menunjukkan perkembangan empat parameter utama sepanjang hari, dari pukul 08.00 hingga 16.00. Parameter yang ditampilkan adalah.

- a. Out I (A) : Arus keluaran dari generator turbin angin (warna biru)
- b. Baterai (V) : Tegangan baterai (warna oranye)
- c. G Out (V) : Tegangan output dari generator kincir angin (warna abu-abu)
- d. Kapasitas Baterai (%): Persentase kapasitas pengisian baterai (warna kuning)

Namun, sistem ini memiliki beberapa keterbatasan kritis. Tanpa baterai, daya gabungan dari panel surya dan turbin angin (510W) tidak cukup untuk menggerakkan kincir 850W. Selain

Gambar 12. Grafik pengujian pengisian daya baterai melalui panel surya



Gambar di atas merupakan grafik hasil pengujian pengisian daya baterai menggunakan panel surya yang diambil pada interval waktu tertentu, yaitu pukul 08.00 hingga 16.00. Grafik ini memperlihatkan empat parameter penting yang dipantau selama proses pengisian berlangsung, yaitu.

itu, untuk memenuhi kebutuhan operasional dari jam 07.00 hingga pada kincir air selama satu hari.

Dengan konfigurasi sistem hybrid yang terdiri dari panel surya 200Wp, turbin angin vertikal 500W, dan baterai 200Ah/24V (hasil penyusunan seri dua baterai 12V 200Ah), dapat disimpulkan bahwa sistem ini memiliki keterbatasan dalam mengoperasikan kincir air berdaya 850W secara optimal.

Pertama, dari sisi produksi energi, sistem hybrid ini mampu menghasilkan total 2.900 Wh per hari dalam kondisi ideal, dengan rincian 800 Wh dari panel surya dan 2.100 Wh dari turbin angin. Namun, kebutuhan kincir air sebesar 850W berarti memerlukan pasokan 850 Wh setiap jam, sehingga produksi harian ini tidak mencukupi untuk operasi jangka panjang.

Energi Pakai yang digunakan dihasilkan nilai sebagai berikut :

$$4800 \text{ Wh} \times 0.5 = 2400 \text{ Wh}$$

Rumus:

Energi Pakai (Wh)

Daya Beban (W)

Perhitungan:

$2400 \text{ Wh} / 850 \text{ W} \approx 2.82 \text{ jam}$ (atau 2 jam 49 menit).

Jika panel Surya & Turbin Angin Aktif Bersamaan

- Daya Gabungan: 510W (dari perhitungan sebelumnya).
- Defisit Daya: $850 \text{ W} - 510 \text{ W} = 340 \text{ W}$
- Lama Nyala: $340 \text{ W} / 2400 \text{ Wh} = 7 \text{ jam}$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap alat yang dikembangkan dalam proyek akhir berjudul "Rancang Bangun Kincir Air Tambak Udang dengan Penerapan Pembangkit Hybrid Berbasis IoT", dapat disimpulkan bahwa, Sistem hybrid yang terdiri dari panel surya 200Wp dan turbin angin 500W mampu menghasilkan energi sekitar 2.900 Wh per hari dalam kondisi ideal, namun belum mencukupi untuk mengoperasikan kincir air berdaya 850W selama 9 jam penuh. Baterai 24V 200Ah hanya

dapat digunakan sebesar 2.400 Wh karena batas DoD 50%, sehingga kincir hanya dapat beroperasi sekitar 2,8 jam jika hanya mengandalkan baterai. Dengan kombinasi sumber energi terbarukan dan baterai, waktu operasi dapat diperpanjang hingga 7 jam. Sistem juga dilengkapi pemantauan berbasis IoT menggunakan NodeMCU, sensor PZEM-004T, dan aplikasi Blynk yang memungkinkan pengawasan dan kendali sistem secara real-time untuk meningkatkan efisiensi operasional.

4.2 Saran

Untuk meningkatkan kinerja sistem, disarankan menambah kapasitas baterai minimal 400Ah/24V serta memperbanyak jumlah panel surya dan turbin angin guna memperpanjang durasi operasional. Penggunaan kincir sebaiknya dioptimalkan pada saat produksi energi mencapai puncaknya, seperti di siang hari atau saat angin kencang. Selain itu, penggunaan baterai dengan Depth of Discharge (DoD) yang lebih tinggi serta MPPT yang lebih efisien juga akan membantu meningkatkan efektivitas sistem. Pengujian jangka panjang perlu dilakukan untuk menjamin keandalan sistem dalam berbagai kondisi. Sistem ini juga memiliki potensi untuk dikembangkan dalam skala komunitas dengan desain modular agar lebih fleksibel dan mudah diterapkan di berbagai lokasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramadhan, H. P., Kartiko, C., & Prasetiadi, A. (2020). Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Menggunakan NodeMCU, Firebase, dan Flutter. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 6(1). <https://doi.org/10.28932/jutisi.v6i1.2365>
- [2] Berbasis Mikrokontroler Nurhadi, U., Khumaini, H., Tawakal, F., Nayoan, F., Suhaidi, M., Studi Teknik Informatika, P., Informasi, S., Negara, A., Dumai, U., Tinggi Teknologi Dumai, S., Dumai, S., Utama Karya No, J., Batrem Dumai Timur Kota Dumai, B. I., Gunung Merapi No, J., & Ayu Dumai, B. (n.d.). *Prototype Sistem Monitoring Kincir Air Tambak*. 16(2), 2023.

- [3] A. Wafi and H. Ariadi, “ESTIMASI DAYA LISTRIK UNTUK PRODUKSI OKSIGEN OLEH KINCIR AIR SELAMA PERIODE ‘BLIND FEEDING’ BUDIDAYA UDANG VANAME (Litopenaeus vannamei) Estimation of Electric Power for Oxygen Production by Paddle-Wheel Aerators During Blind Feeding Period of Litopenaeus vannamei Shrimp Culture,” Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology Available, vol. 18, no. 1, pp. 19–25, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/saintek>
- [4] B. Demeianto et al., “RANCANG BANGUN PANEL AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI CATU DAYA KINCIR AIR PADA TAMBAK PERIKANAN DESIGN AND BUILD OF AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) PANEL ON SOLAR POWER PLANT AS A MAIN POWER SUPPLY FOR PADDLE WHEEL AERATOR AT FISHERY POND,” 2022.
- [5] A. F. Rozi, I. Achmad, I. Agung, M. Widyartono, and A. Chandra Hermawan, “Penerapan Pembangkit Hybrid Sebagai Penggerak Kincir Air Pada Tambak Udang.”
- [6] Ali, Andi Taufik, Moh. Ahsan S. Mandra, Gusdin Shawal, and Risma Haris. 2022. “PENERAPAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA PEMBANGKIT LISRIK HYBRID PHOTOVOLTAIC DAN TURBIN ANGIN MODEL HORIZONTAL MENGGUNAKAN SENSOR PZEM 004T KONTROL BERBASIS DATA LONGGER.” JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri) 6(6):4642. doi: 10.31764/jmm.v6i6.11028.
- [7] N. Evalina, F. Irsan Pasaribu, A. Azis, and I. Roza, ‘PENGUNAAN SISTE KONTROL KINCIRAIR OTOMATIS UNTUK TAMBAK UDANG DI DESA PEMATANG GUNTUNG’, Volume 6 Nomor9Tahun2023.doi:10.31604/jpm.v6i9.3432-3437.
- [8] J. Sains Riset and N. Nila Dewi, ‘ANALISIS PENGETAHUAN MASYARAKAT DESA SEMBULUNG TENTANG PEMANFAATAN PANEL SURYA SEBAGAI ENERGI LISTRIK RUMAH TANGGA’, Jurnal Sains Riset |, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.47647/jsr.v10i12.
- [9] M. Aslam Ridho Effendy, ‘SISTEM MONITORING KINERJA PANEL SURYA BERBASIS IoT MENGGUNAKAN ARDUINO UNO PADA PLTS PEMATANG JOHAR’, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/XX..XXXXX/TEKTONIK>
- [10] M. W. Pane, Andreas, and R. Samosir, ‘Perancangan Turbin Angin Vertikal Modifikasi Darrieus Menggunakan Geometri Airfoil Naca 2414’, JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, vol. 7, no. 2, Jun. 2023, doi: 10.31289/jmemme.v7i2.9456.
- [11] D. Ramschie, L. Wenas, R. Katuuk, A. Ramschie, J. T. Elektro, and N. Manado, ‘Jurnal Elektrik-Politeknik Negeri Manado 16 Implementasi Sistem Proteksi Dan Automatic Transfer Switch (ATS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)’, 2023.
- [12] R. Saputra, ‘Rancang Bangun Sistem Monitoring pada Pembangkit Listrik Dual Hybrid Panel Surya dan Tenaga Angin Berbasis Internet of Things’. Volume 8 Nomor 2 Tahun 2024
- [13] P. Sihombing, ‘Prototipe Pengawasan Suhu secara Real-Time dan Pengontrolan Dua Motor Listrik secara Otomatis Berbasis IoT’, Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro, vol. 13, no. 01, pp. 83–94, Aug. 2023, doi: 10.47709/elektriese.v13i01.2723.
- [14] Y. Dwie Nurcahyanie et al., ‘PEMANFAATAN ENERGI HIBRIDA ANGIN DAN TENAGA SURYA DI DESA BATANG-BATANG DAYA SUMENEP Informasi Artikel Abstrak’, 2024. [Online]. Available: <http://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/abadimas>