

Jurnal JTik (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)

DOI: <https://doi.org/10.35870/jtik.v9i1.3346>

Penerapan Sistem IoT Berbasis Energi Surya untuk Pemberian Pakan Otomatis dan Pemantauan Kualitas Air pada Budidaya Udang *Vaname*

Safrizal Razali ^{1*}, Aulia Rahman ², Adrian Damora ³^{1*} Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.³ Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

article info

Article history:

Received 19 October 2024

Received in revised form

24 November 2024

Accepted 30 November 2024

Available online January 2025.

Keywords:

IoT; Vannamei Shrimp;

Automatic Feeding; Solar

Energy; Water Quality.

Kata Kunci:

IoT; Udang Vaname; Pakan

Otomatis; Energi Surya;

Kualitas Air.

abstract

Vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas utama akuakultur nasional di Indonesia dengan potensi ekonomi yang besar. Nonetheless, obstacles like poor water quality and inadequate feed practices prevent sustainable aquaculture. This study aims to design an automatic feeding system for the Internet of Things (IoT) equipped for real-time monitoring of water pH and temperature, powered by solar energy. The system consists of a pH sensor (PH-4502C), a temperature sensor (DS18B20), an ESP32 microcontroller and a Blynk application, which serves as the main interface for the system. The testing was done to prove that this whole system works fine with 2 nos of 100Wp monocrystalline solar panels with 12V 100Ah batter. The system successfully enhances farm operational efficiency, boosts energy sustainability, and offers a novel solution for vannamei shrimp farm management.

abstract

Udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas akuakultur utama nasional di Indonesia dengan potensi ekonomi yang besar. Meskipun demikian, kendala seperti kualitas air yang buruk dan praktik pemberian pakan yang tidak memadai menghalangi akuakultur yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemberian pakan otomatis untuk Internet of Things (IoT) yang dilengkapi untuk pemantauan pH dan suhu air secara real-time, yang ditenagai oleh energi matahari. Sistem terdiri dari sensor pH (PH-4502C), sensor suhu (DS18B20), mikrokontroler ESP32 dan aplikasi Blynk, yang berfungsi sebagai antarmuka utama untuk sistem tersebut. Pengujian dilakukan untuk membuktikan bahwa seluruh sistem ini bekerja dengan baik dengan 2 buah panel surya monokristalin 100Wp dengan baterai 12V 100Ah. Sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi operasional tambak, meningkatkan keberlanjutan energi, dan menawarkan solusi baru untuk manajemen tambak udang vannamei.

Corresponding Author. Email: safrizal.razali@usk.ac.id ^{1}.

Copyright 2025 by the authors of this article. Published by Lembaga Otonom Lembaga Informasi dan Riset Indonesia (KITA INFO dan RISET). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. 



ACM Computing Classification System (CCS)

EBSCOhost

Communication and Mass Media Complete (CMC)

1. Pendahuluan

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas unggulan dalam sektor perikanan di Indonesia. Sebagai komoditas ekspor utama, udang vaname memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Pada tahun 2018, total ekspor udang vaname mencapai USD 276.340.628 atau setara dengan 29.777.067 kilogram (Fitrah *et al.*, 2020). Meskipun memiliki potensi ekonomi yang besar, industri budidaya udang di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Kendala utama yang dihadapi mencakup aspek kualitas, kuantitas, dan kontinuitas produksi, yang seringkali memengaruhi daya saing udang Indonesia di pasar global (Fitrah *et al.*, 2020).

Budidaya udang vaname telah menjadi salah satu kegiatan utama bagi banyak masyarakat pesisir karena berbagai keunggulannya, seperti pertumbuhan yang cepat, ketahanan terhadap penyakit, dan nilai ekonomi yang tinggi (Inayah *et al.*, 2023). Namun, sejumlah hambatan masih menghalangi upaya pengelolaan budidaya yang berkelanjutan. Permasalahan seperti degradasi lingkungan, penurunan kualitas air, persaingan penggunaan lahan, serta risiko penyakit menular menjadi isu utama yang dihadapi oleh para petambak (Inayah *et al.*, 2023; Venkateswarlu & Venkatrayulu, 2019). Di Aceh, misalnya, budidaya udang windu dan vaname menghadapi risiko yang tidak hanya berdampak pada hasil panen tetapi juga pada stabilitas ekonomi petambak (Mustafa *et al.*, 2023).

Salah satu tantangan utama dalam budidaya udang adalah menjaga kualitas air tambak, khususnya pada tingkat pH. Tingkat pH yang ideal untuk udang vaname berkisar antara 7,5 hingga 8,5. Ketidakseimbangan pH dapat menyebabkan stres pada udang, yang pada gilirannya menghambat pertumbuhan, meningkatkan kerentanan terhadap penyakit, bahkan menyebabkan kematian (Inayah *et al.*, 2023). Selain itu, pemberian pakan juga menjadi faktor penting yang memengaruhi efisiensi budidaya. Pemberian pakan yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan kualitas air akibat penumpukan sisa pakan, sementara pemberian pakan yang kurang dapat menyebabkan pertumbuhan lambat dan rendahnya tingkat kelangsungan hidup

(Inayah *et al.*, 2023). Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat menjadi solusi yang berpotensi untuk mengoptimalkan proses budidaya udang. IoT memungkinkan petambak untuk memantau kondisi lingkungan tambak secara *real-time*, termasuk tingkat pH air, kualitas air, dan pemberian pakan. Teknologi ini telah terbukti efektif dalam berbagai studi sebelumnya. Misalnya, sistem IoT yang menggunakan sensor untuk memantau kualitas air dan mengelola pemberian pakan secara otomatis dapat meningkatkan efisiensi serta mengurangi risiko kerugian (Huang *et al.*, 2019; Wu-Chih Hu *et al.*, 2021). Selain itu, penggunaan energi surya sebagai sumber daya untuk sensor IoT dan sistem pemberi pakan otomatis dapat memberikan nilai tambah, mendukung keberlanjutan, dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil.

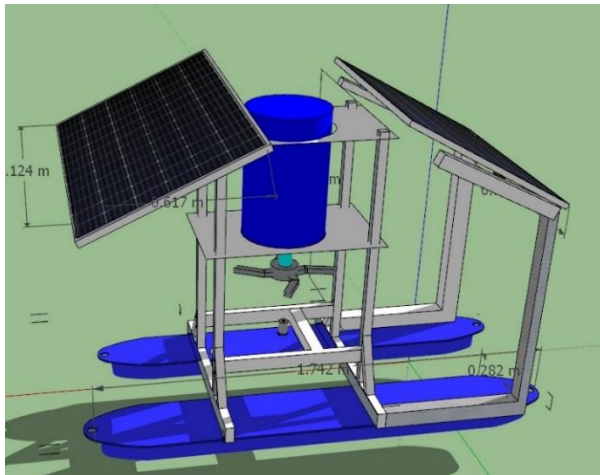
Gampong Alue Naga di Aceh menjadi salah satu lokasi yang potensial untuk implementasi sistem ini. Daerah ini dikenal sebagai pusat budidaya udang vaname, dengan kapasitas panen mencapai 16 ton per siklus pada lahan seluas 4.000 meter persegi. Namun, berbagai kendala operasional, seperti keterlambatan pemantauan pH air dan pemberian pakan manual, masih menjadi hambatan utama dalam meningkatkan produktivitas tambak. Dengan mengintegrasikan teknologi IoT dalam budidaya udang, diharapkan efisiensi operasional dan kualitas hasil panen dapat meningkat secara signifikan.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi dalam budidaya udang vaname di Indonesia, seperti penurunan kualitas air, ketidakseimbangan pH, serta pengelolaan pakan yang kurang efisien, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemberian pakan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang juga dilengkapi dengan pemantauan kualitas air secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama, guna meningkatkan efisiensi energi serta mendukung keberlanjutan operasional budidaya. Melalui penerapan teknologi ini, diharapkan dapat tercapai peningkatan efisiensi dalam pengelolaan tambak, pengendalian kualitas air, dan pemberian pakan yang lebih optimal. Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis bagi petambak, memperbaiki produktivitas, dan meningkatkan daya saing udang Indonesia di pasar global.

2. Metodologi Penelitian

Desain Sistem

Sistem dirancang untuk mengintegrasikan tiga fungsi utama: pemantauan pH air, suhu air, dan pemberian pakan otomatis. Sistem ini dilengkapi dengan fitur IoT sehingga data *real-time* dapat dikirim dan diterima melalui konektivitas *internet*. Gambar 1 menunjukkan desain sistem auto feeder berbasis IoT untuk pemberian pakan udang vannamei secara otomatis.



Gambar 1. Desain sistem auto feeder berbasis IoT

Komponen utama sistem terdiri dari beberapa elemen yang saling terintegrasi untuk mendukung fungsionalitas secara efisien. Pertama, panel surya monocrystalline 100Wp sebanyak dua unit berfungsi sebagai sumber energi utama, dilengkapi dengan regulator MPPT untuk konversi daya dan baterai 12V sebagai media penyimpanan energi. Sensor pH (PH-4502C) dan suhu (DS18B20) digunakan untuk memantau kondisi pH dan suhu air secara *real-time*. Microcontroller ESP32 bertugas untuk mengintegrasikan sensor-sensor tersebut, modul Wi-Fi, serta sistem pemberian pakan otomatis. Aktuator pemberi pakan, yang menggunakan motor servo, berperan dalam mendistribusikan pakan sesuai kebutuhan. Terakhir, sistem ini juga dilengkapi dengan koneksi internet melalui modem Wi-Fi yang memungkinkan pengiriman data ke cloud atau server untuk pemantauan dan analisis lebih lanjut.

Alur Proses Sistem

Alur proses sistem auto feeder udang vannamei adalah sebagai berikut:

- 1) Koneksi ke *Internet*
Sistem mencoba terhubung ke jaringan Wi-Fi. Jika gagal, proses koneksi akan diulang hingga berhasil.
- 2) Pembacaan Parameter Air
Sensor pH (PH-4502C) dan suhu (DS18B20) membaca kualitas air. Jika pH atau suhu berada di luar rentang normal, sistem menampilkan informasi tersebut melalui aplikasi pada smartphone. Rentang normal pH berada antara 7,5–8,5 sedangkan rentang normal suhu berada pada 28–30 °C
- 3) Pemberian Pakan
Pemberian pakan dilakukan dengan pengontrolan on/off dengan pengaturan kecepatan. Selain pemberian pakan, data pH dan suhu dapat dipantau melalui aplikasi di smartphone user.
- 4) Pengiriman Data ke Cloud
Data pH, suhu dan status sistem dikirim ke server/cloud. Jika pengiriman gagal, sistem akan mencoba mengirim ulang data hingga berhasil.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk merancang IoT auto feeder udang vannamei adalah sbb:

- 1) Hardware Utama
 - a) ESP32 Microcontroller digunakan sebagai pengontrol utama sistem.
 - b) Sensor pH (PH-4502C) digunakan untuk ntuk memantau kualitas air.
 - c) Sensor Suhu (DS18B20) digunakan untuk membaca suhu air secara *real-time*.
 - d) Modem Wi-Fi digunakan untuk konektivitas *internet*.
 - e) Panel Surya (PV100Wp) digunakan sebagai sumber energi utama.
 - f) Baterai 12V sebagai media penyimpanan energi.
 - g) Motor Servo untuk nengontrol distribusi pakan.
- 2) Komponen Pendukung:
 - a) Regulator MPPT untuk efisiensi daya.
 - b) Step-down regulator (5A dan 20A) untuk distribusi daya.
 - c) Kabel koneksi, terminal konektor, dan MCB untuk kontrol aliran listrik.

- 3) Software
 - a) Cloud Platform untuk penyimpanan data pH, suhu, dan status pemberian pakan.
 - b) Mobile Application (Blynk atau Custom UI) untuk pemantauan dan pengaturan jadwal sistem.

Pengujian

Untuk memastikan kinerja dan keandalan sistem auto feeder udang vannamei berbasis *Internet of Things* (IoT), serangkaian pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi berbagai aspek fungsionalitas, efisiensi, dan akurasi sistem. Pengujian ini meliputi uji fungsionalitas sistem, efisiensi energi, akurasi parameter air, serta simulasi operasional di tambak. Berikut tahapan pengujian yang dilakukan

- 1) Uji Fungsionalitas Sistem
 - a) Pengujian koneksi Wi-Fi dan pengiriman data ke server/cloud.
 - b) Pengukuran parameter pH dan suhu menggunakan sensor.
- 2) Pengujian Efisiensi Energi

Analisis daya yang dihasilkan panel surya dan ketahanan baterai selama 24 jam operasi.
- 3) Pengujian Parameter Air
 - a) Validasi sensor pH dan suhu untuk memastikan akurasi pembacaan.
 - b) Pengujian dilakukan dengan mencocokkan hasil pembacaan sensor dengan alat laboratorium.
- 4) Simulasi Operasional Tambak

Sistem diimplementasikan di tambak dengan memantau respons sistem terhadap parameter air dan pemberian pakan otomatis.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Hasil Implementasi Sistem

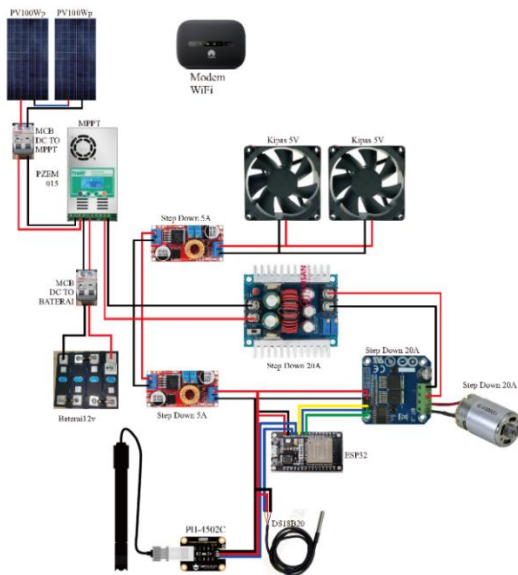
Sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT untuk budidaya udang vannamei berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Komponen utama, seperti sensor pH (PH-4502C), sensor suhu (DS18B20), dan aktuator pemberi pakan menggunakan motor servo, telah diuji dan menunjukkan kinerja yang baik. Aplikasi Blynk digunakan sebagai antarmuka utama

untuk pemantauan dan pengontrolan sistem secara *real-time*. *Wiring diagram* sistem terdiri dari berbagai komponen utama yang saling terhubung untuk memastikan operasional sistem berjalan dengan baik. Panel surya (PV100Wp) digunakan sebagai sumber energi utama, terdiri dari dua unit panel yang terhubung ke regulator MPPT untuk mengoptimalkan konversi daya. Baterai 12V berfungsi sebagai penyimpan energi, memungkinkan sistem tetap beroperasi secara terus-menerus, termasuk pada malam hari atau saat cuaca mendung. Regulator MPPT digunakan untuk menjaga kestabilan daya dari panel surya sebelum dialirkan ke baterai atau perangkat lain. Regulator ini juga dilengkapi dengan fitur pengaturan aliran daya guna meningkatkan efisiensi energi. Microcontroller ESP32, sebagai otak dari sistem, bertugas mengintegrasikan data dari sensor pH (PH-4502C) dan sensor suhu (DS18B20), mengendalikan motor servo, serta terhubung ke modem Wi-Fi untuk mengirim data ke aplikasi Blynk.

Sensor pH (PH-4502C) berfungsi memantau kualitas air tambak untuk memastikan stabilitas pH dalam rentang optimal 7,5–8,5, sedangkan sensor suhu (DS18B20) membaca suhu air secara *real-time* untuk mendukung kondisi ideal budidaya pada kisaran 28–30 °C. Motor servo dikendalikan melalui step-down regulator 20A, memastikan performa optimal dalam mendistribusikan pakan secara otomatis sesuai jadwal yang ditentukan. Step-down regulator 5A dan 20A digunakan untuk menurunkan tegangan dari baterai 12V ke level yang sesuai dengan kebutuhan komponen seperti sensor, kipas pendingin, dan motor servo. Dua kipas 5V dipasang untuk mencegah panas berlebih pada sistem elektronik selama operasional. *Wiring diagram* membantu memvisualisasikan hubungan antar komponen dalam sistem secara jelas. Setiap jalur kabel menunjukkan aliran listrik dan data, memastikan perangkat mendapatkan daya yang cukup dan data dapat diproses dengan baik. Jalur pengkabelan mencakup hubungan dari panel surya ke baterai, antar regulator daya, sensor, microcontroller, dan motor servo, serta integrasi perangkat dengan modem Wi-Fi untuk mendukung konektivitas IoT. Dengan *wiring diagram* ini, desain sistem dapat direproduksi, dianalisis, dan digunakan sebagai panduan teknis untuk perakitan serta pemeliharaan sistem. Gambar *wiring diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.

Kinerja Sistem Pemberian Pakan

Pemberian pakan dilakukan dengan mengontrol on/off aktuatur melalui aplikasi Blynk yang berjalan di sistem Android. Sistem ini dilengkapi dengan pengaturan kecepatan motor servo dalam rentang 50–160 rpm, sehingga distribusi pakan dapat disesuaikan dengan kebutuhan tambak.



Gambar 2. Wiring Diagram

Penjelasan:

- 1) Kontrol On/Off
Pengguna dapat mengaktifkan atau menonaktifkan sistem pemberian pakan melalui tombol pada aplikasi.
- 2) Pengaturan Kecepatan
Sistem memungkinkan penyesuaian kecepatan motor servo melalui pengaturan pada aplikasi, memberikan fleksibilitas dalam distribusi pakan.

Hasil uji coba seperti ditunjukkan pada gambar 3 menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan pakan sesuai dengan kebutuhan pengguna.



Gambar 3. Perangkat *Auto Feeder*

Pemantauan pH dan Suhu Air

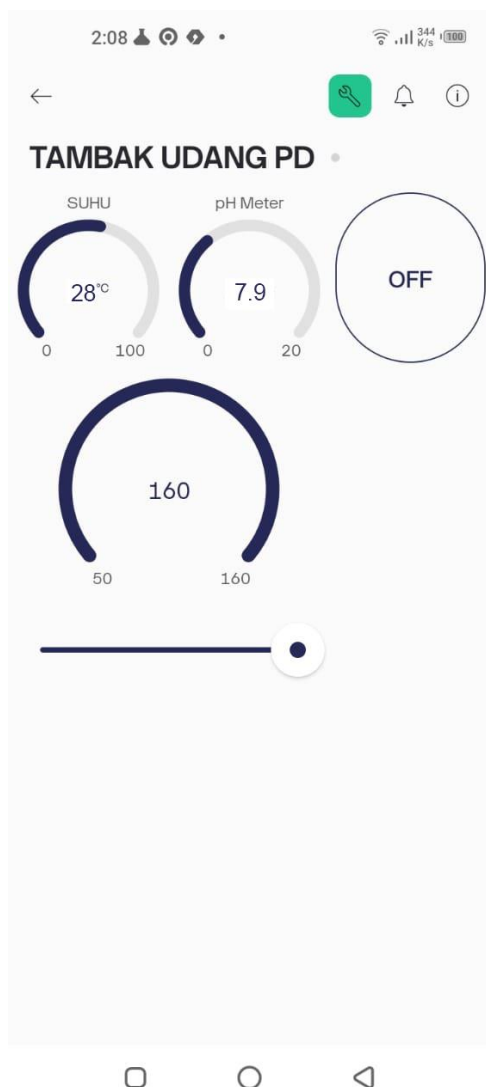
Pemantauan pH dan suhu air dilakukan menggunakan sensor pH (PH-4502C) dan suhu (DS18B20), yang terbukti memiliki kemampuan untuk membaca parameter kualitas air dengan akurasi tinggi. Informasi mengenai pH dan suhu air dapat dipantau secara langsung melalui aplikasi Blynk, meskipun sistem ini tidak dilengkapi dengan notifikasi otomatis. Pengukuran pH air menunjukkan kestabilan pada rentang ideal 7,5–8,5; apabila nilai pH berada di luar rentang ini, pengguna dapat segera mengambil tindakan berdasarkan data yang ditampilkan pada aplikasi. Begitu pula, suhu air terpantau dalam kisaran optimal 28–30 °C, yang sesuai untuk mendukung keberhasilan budidaya udang vannamei. Perangkat berhasil dioperasikan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk, memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau dan mengelola kualitas air tambak dengan lebih efektif.

Penggunaan Aplikasi Blynk

Aplikasi Blynk berfungsi sebagai alat utama dalam memantau dan mengontrol sistem IoT auto feeder. Gambar 3 menunjukkan tampilan *dashboard* aplikasi Blynk yang dirancang untuk memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengelola sistem secara efektif. Dashboard aplikasi ini dilengkapi dengan beberapa fitur utama yang memudahkan operasional, antara lain:

- 1) Tombol On/Off
Untuk mengontrol pemberian pakan secara manual sesuai kebutuhan pengguna.
- 2) Pengaturan Kecepatan Motor Servo
Pengguna dapat menyesuaikan kecepatan motor servo dalam rentang 50–160 rpm untuk mengatur jumlah pakan yang diberikan.
- 3) Informasi *Real-time*
Data pH dan suhu air ditampilkan secara langsung, memberikan gambaran kondisi tambak secara aktual.

Tampilan pada Gambar 4 memperlihatkan desain sederhana dan intuitif dari dashboard aplikasi Blynk, dengan semua fitur utama yang tertata dengan baik untuk mendukung efisiensi operasional tambak udang vannamei. Dashboard ini memastikan semua informasi penting terkait sistem auto feeder dapat diakses dengan mudah oleh pengguna.



Gambar 4. Dashboard IoT auto feeder udang vannamei

Analisis Kinerja Energi

Sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT ini mengandalkan dua unit panel surya monocrystalline 100Wp sebagai sumber energi utama, yang terintegrasi dengan regulator MPPT untuk mengoptimalkan pengisian daya. Energi yang dihasilkan disimpan dalam baterai 12V berkapasitas 100Ah, yang berfungsi sebagai penyimpanan daya utama untuk mengoperasikan seluruh perangkat sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

1) Efisiensi Energi

Dengan dua panel surya 100Wp mono, sistem dapat menghasilkan daya yang cukup untuk pengisian baterai, bahkan dalam kondisi cuaca mendung. Regulator MPPT memainkan peran

penting dalam menjaga kestabilan aliran daya dari panel surya ke baterai, memastikan efisiensi maksimum dalam pemanfaatan energi.

2) Ketahanan Baterai

Baterai 12V 100Ah memiliki kapasitas yang memadai untuk mendukung operasional semua perangkat sistem, termasuk sensor pH, sensor suhu, motor servo, kipas pendingin, dan modul Wi-Fi, selama 24 jam penuh. Meskipun dalam kondisi minim cahaya matahari, baterai tetap dapat menopang kinerja sistem tanpa gangguan.

Penggunaan kombinasi panel surya dan baterai ini menunjukkan efisiensi tinggi dalam menyediakan energi untuk sistem secara terus-menerus. Desain ini tidak hanya hemat energi, tetapi juga mendukung keberlanjutan, menjadikannya solusi ideal untuk operasional tambak udang di lokasi yang mungkin tidak memiliki akses listrik konvensional.

Pembahasan

Hasil implementasi sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT menunjukkan keberhasilan dalam meningkatkan efisiensi operasional tambak udang vannamei melalui otomatisasi dan pemantauan kualitas air secara *real-time*. Sistem ini berhasil menggantikan metode manual dalam pengelolaan tambak, khususnya dalam hal pemberian pakan dan pemantauan parameter lingkungan.

Sistem IoT yang diterapkan untuk budidaya udang vannamei terbukti efektif dalam menggantikan metode manual, khususnya dalam hal pemberian pakan dan pemantauan kualitas air tambak. Dengan pengaturan kecepatan motor servo hingga 160 rpm, distribusi pakan dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik tambak, meningkatkan efisiensi pemberian pakan (Arditya *et al.*, 2021). Pengaturan dosis pakan yang optimal dipengaruhi oleh berbagai parameter lingkungan, seperti suhu air dan kadar oksigen terlarut, yang juga dapat dipantau secara *real-time* melalui sistem ini (Arditya *et al.*, 2021; Chuyen *et al.*, 2023). Aplikasi Blynk memfasilitasi kontrol penuh atas pemberian pakan melalui tombol on/off, memberikan pengguna fleksibilitas dalam mengatur waktu dan jumlah pakan yang diberikan (Haryansyah, 2023). Selain itu, aplikasi ini memungkinkan integrasi dengan sensor-sensor yang memantau kualitas air, seperti pH, suhu, dan kadar oksigen, sehingga

pengguna dapat melakukan penyesuaian yang diperlukan berdasarkan data yang tersedia (Rasyid *et al.*, 2020). Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemberian pakan, tetapi juga menjaga kualitas air yang optimal, yang sangat penting untuk pertumbuhan udang vannamei (Kustija & Andika, 2021; Chuyen *et al.*, 2023). Penggunaan panel surya sebagai sumber energi utama juga menambah keberlanjutan sistem, mengurangi ketergantungan pada energi konvensional dan mengurangi biaya operasional, sekaligus berkontribusi pada pengurangan jejak karbon dalam budidaya udang (Langer *et al.*, 2021; Setiawan *et al.*, 2023).

Pemantauan kualitas air secara *real-time* menggunakan teknologi IoT terbukti efektif dalam mendukung efisiensi operasional dalam budidaya udang vannamei. Sensor pH dan suhu yang terintegrasi dalam sistem mampu memberikan data akurat yang dapat diakses melalui aplikasi Blynk, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi tambak secara jarak jauh (Chuyen *et al.*, 2023). Dengan pH yang stabil dalam rentang 7,5–8,5 dan suhu yang terjaga di kisaran 28–30 °C, sistem ini menjaga kondisi lingkungan yang optimal bagi kesehatan udang (Kustija & Andika, 2021; Kajornkasirat *et al.*, 2021). Kondisi lingkungan yang stabil sangat penting dalam budidaya udang, karena fluktuasi pH dan suhu yang signifikan dapat menghambat pertumbuhan udang dan meningkatkan risiko penyakit (Eissa *et al.*, 2022). Penelitian sebelumnya mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan yang terjaga dengan baik dapat mengurangi stres pada udang dan meningkatkan efisiensi penggunaan pakan (Eissa *et al.*, 2022). Melalui pemantauan berbasis IoT, pengguna dapat dengan cepat menanggapi perubahan kondisi lingkungan, mengambil langkah-langkah preventif untuk menjaga kualitas air dan kesehatan udang (Chuyen *et al.*, 2023; Kajornkasirat *et al.*, 2021). Selain itu, teknologi IoT memungkinkan pemantauan parameter lainnya, seperti kadar oksigen terlarut dan salinitas, yang juga dapat dipantau melalui aplikasi yang sama (Kustija & Andika, 2021). Hal ini memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi tambak, memungkinkan pengelolaan yang lebih baik dan berbasis data (Kajornkasirat *et al.*, 2021).

Keberlanjutan energi dalam penerapan sistem IoT berbasis energi surya untuk budidaya udang

vannamei sangat penting dalam meningkatkan efisiensi operasional sekaligus mengurangi dampak lingkungan. Penggunaan dua unit panel surya monocrystalline 100Wp yang terhubung dengan regulator MPPT menunjukkan efisiensi tinggi dalam konversi energi, memungkinkan sistem beroperasi secara optimal meskipun dalam kondisi cuaca mendung (Primawan & Iswanjono, 2019). Dengan dukungan baterai 12V 100Ah, sistem ini dapat beroperasi terus-menerus selama 24 jam, menjaga kelancaran fungsi pemberian pakan otomatis dan pemantauan kualitas air (Winardi, 2023). Sistem berbasis energi surya ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada energi listrik konvensional, tetapi juga mengurangi jejak karbon yang dihasilkan dari kegiatan budidaya udang, sejalan dengan tren global menuju penggunaan energi terbarukan dalam sektor akuakultur (Setiawan *et al.*, 2021). Selain itu, penggunaan energi surya secara langsung mengurangi biaya operasional jangka panjang, karena mengandalkan sumber energi yang terbarukan dan gratis, yakni sinar matahari (Winardi, 2023). Teknologi IoT juga memungkinkan pemantauan kinerja panel surya secara *real-time*, sehingga pengguna dapat melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi energi (Yasin, 2023; Pratama & Asnil, 2021). Dengan memanfaatkan teknologi ini, sistem IoT berbasis energi surya mendukung keberlanjutan dalam budidaya udang vannamei, seiring dengan pengurangan biaya operasional dan peningkatan efisiensi energi, yang sangat relevan dengan perkembangan sektor pertanian pintar dan akuakultur berkelanjutan (Rouf & Agustiono, 2021).

Meskipun sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT ini telah menunjukkan kinerja yang baik, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu keterbatasan utama adalah ketidakadaan notifikasi otomatis pada aplikasi Blynk jika pH atau suhu berada di luar rentang ideal. Hal ini mengharuskan pengguna untuk secara aktif memantau dashboard untuk mengetahui kondisi tambak, yang dapat menjadi kurang efisien, terutama dalam pengoperasian jarak jauh. Keterbatasan lain adalah ketergantungan pada koneksi internet yang stabil. Jika jaringan Wi-Fi terganggu, sistem tidak dapat mengirimkan data ke cloud, yang membatasi kemampuan pemantauan jarak jauh dan pengelolaan data secara *real-time*.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Salah satunya adalah dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis berbasis kondisi tertentu, seperti peringatan ketika pH atau suhu berada di luar rentang normal. Selain itu, integrasi kecerdasan buatan (AI) untuk analisis prediktif terhadap kebutuhan pakan dan kualitas air dapat meningkatkan kinerja sistem secara signifikan, memberikan rekomendasi yang lebih tepat dan meningkatkan efisiensi operasional tambak. Evaluasi sistem menunjukkan bahwa sistem ini memiliki sejumlah keunggulan. Pertama, efisiensi energi yang tinggi berkat penggunaan panel surya dan baterai berkapasitas besar yang mampu menyediakan daya untuk seluruh perangkat sistem selama 24 jam penuh. Ini sangat mendukung operasional tambak di area dengan akses listrik terbatas. Kedua, kemudahan penggunaan antarmuka aplikasi Blynk yang intuitif memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem tanpa membutuhkan keahlian teknis yang mendalam. Ketiga, efektivitas pemantauan tercapai melalui sensor pH dan suhu yang memberikan data *real-time* yang akurat, memungkinkan pengguna untuk segera mengambil tindakan jika terjadi perubahan kondisi air tambak.

Namun, ada beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Ketergantungan pada koneksi internet yang stabil membuat sistem rentan terhadap gangguan jika jaringan Wi-Fi tidak stabil. Selain itu, tidak adanya fitur notifikasi otomatis memaksa pengguna untuk terus memantau aplikasi, yang dapat menjadi kendala dalam pengoperasian jarak jauh. Untuk perbaikan sistem, disarankan untuk meningkatkan fitur notifikasi dengan menambahkan peringatan otomatis melalui email atau pesan instan ketika kondisi pH atau suhu tidak sesuai dengan rentang ideal. Selain itu, perlu dipertimbangkan penyediaan opsi pengisian daya cadangan, seperti generator portabel, untuk memastikan kelancaran operasional sistem dalam kondisi cuaca ekstrem. Integrasi dengan platform cloud yang lebih stabil juga dapat meningkatkan kinerja sistem, memungkinkan pengolahan data yang lebih kompleks untuk analisis yang lebih mendalam dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

4. Kesimpulan

Penelitian berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT untuk budidaya udang vannamei. Sistem ini mengintegrasikan teknologi sensor untuk memantau pH dan suhu air secara *real-time*, serta mendukung distribusi pakan yang terkontrol melalui motor servo dengan pengaturan kecepatan hingga 160 rpm. Aplikasi Blynk digunakan sebagai antarmuka utama untuk pemantauan dan pengendalian, yang mempermudah pengguna dalam mengelola tambak tanpa harus berada di lokasi. Penggunaan panel surya monocrystalline 100Wp dan baterai 12V 100Ah sebagai sumber energi utama menunjukkan efisiensi tinggi dalam mendukung operasional sistem secara terus-menerus, bahkan dalam kondisi cuaca mendung. Dengan efisiensi energi yang tercapai, sistem ini tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga mendukung keberlanjutan operasional tambak di wilayah dengan keterbatasan akses listrik. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem dapat meningkatkan efisiensi operasional tambak, mengurangi risiko kesalahan manusia, dan mendukung kestabilan kualitas air tambak. Namun, terdapat beberapa keterbatasan, seperti tidak adanya fitur notifikasi otomatis dan ketergantungan pada koneksi *internet*, yang menjadi tantangan dalam pengoperasian jarak jauh. Penelitian ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut, termasuk integrasi fitur notifikasi otomatis dan penggunaan kecerdasan buatan untuk analisis prediktif. Dengan demikian, sistem ini memiliki potensi untuk menjadi solusi yang lebih komprehensif dan inovatif dalam mendukung keberlanjutan budidaya udang vannamei di Indonesia.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Syiah Kuala (USK) atas bantuan yang diberikan, melalui hibah Pengabdian Kepada Masyarakat dengan No. Kontrak 577/UN11.2.1/PM.01.01/SPK/PTNBH/2024, tanggal 03 Mei 2024.

6. Daftar Pustaka

- Arditya, I., Setyastuti, T., Islamudin, F., & Dinata, I. (2021). Design of automatic feeder for shrimp farming based on internet of things technology. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 2(2), 145. <https://doi.org/10.21776/mechta.2021.02.02.8>
- Chuyen, T., Nguyen, D., Cuong, N., & Thong, V. (2023). Design and manufacture control system for water quality based on IoT technology for aquaculture in Vietnam. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(4), 1893-1900. <https://doi.org/10.11591/bee.v12i4.5180>
- Eissa, A., Chen, P., Brown, P., & Huang, J. (2022). Effects of feed formula and farming system on the environmental performance of shrimp production chain from a life cycle perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 26(6), 2006-2019. <https://doi.org/10.1111/jiec.13370>
- Fitrah, A. U., Nasution, N. A., Nugroho, A., Maulana, A., & Irwan, I. (2020). Financial risk assessment of post-tsunami 2004 shrimp production in Aceh. *JOSETA: Journal of Socio-Economics on Tropical Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.25077/joseta.v2i1.219>
- Haryansyah, H. (2023). Scheduling uses the Blynk 2.0 automations feature for effective ornamental fish feeding. *Aptisi Transactions on Management (Atm)*, 7(2), 170-178. <https://doi.org/10.33050/atm.v7i2.2022>
- Huang, I.-J., Kuang, S.-R., Chang, Y.-N., Hung, C.-C., Tsai, C.-R., & Feng, K.-L. (2019). AIoT's for smart shrimp farming. *2019 International SoC Design Conference (ISOCC)*, 17-18. <https://doi.org/10.1109/ISOCC47750.2019.9078467>
- Inayah, Z. N., Musa, M., & Arfiati, D. (2023). Growth of Vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in intensive cultivation systems. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8821-8829. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4278>
- Kajornkasirat, S., Ruangsri, J., Sumat, C., & Intaramontri, P. (2021). Online analytics for shrimp farm management to control water quality parameters and growth performance. *Sustainability*, 13(11), 5839. <https://doi.org/10.3390/su13115839>
- Kustija, J., & Andika, F. (2021). Control-monitoring system of oxygen level, pH, temperature, and feeding in pond based on IoT. *Reka Elkomika Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 1-10. <https://doi.org/10.26760/rekaelkomika.v2i1.1-10>
- Langer, J., Quist, J., & Blok, K. (2021). Review of renewable energy potentials in Indonesia and their contribution to a 100% renewable electricity system. *Energies*, 14(21), 7033. <https://doi.org/10.3390/en14217033>
- Mustafa, A., Syah, R., Paena, M., Sugama, K., Kontara, E. K., Muliawan, I., Suwoyo, H. S., Asaad, A. I. J., Asaf, R., Ratnawati, E., Athirah, A., Makmur, Suwardi, & Taukhid, I. (2023). Strategy for developing whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture using intensive/super-intensive technology in Indonesia. *Sustainability*, 15(3), 1753. <https://doi.org/10.3390/su15031753>
- Primawan, A., & Iswanjonio, I. (2019). Sistem pompa air tenaga surya: Pemanfaatan energi surya untuk penyediaan air bersih dusun Karang, Gunung Kidul. *Abdimas Altruus Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 38-43. <https://doi.org/10.24071/aa.v2i1.2127>
- Rasyid, M., Sukaridhoto, S., Dzulkornain, M., & Rifa'i, A. (2020). Integration of IoT and chatbot for aquaculture with natural language processing. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(2),

640. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v18i2.14788>
- Rouf, A., & Agustiono, W. (2021). Literature review: Pemanfaatan sistem informasi cerdas pertanian berbasis Internet of Things (IoT). <https://doi.org/10.31219/osf.io/s53ge>.
- Setiawan, H., Novianto, D., Yuliantari, R., & Warindi, W. (2021). Pengembangan sistem data akuisisi dan pemantauan bergerak faktor pembangkitan panel surya pada suatu daerah terpencil. *Dielektrika*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v8i1.261>
- Setiawan, Y., Ghilchrist, B., Giovan, G., & Widiyanto, M. (2023). Development of IoTs-based instrument monitoring application for smart farming using solar panels as energy source. *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (Ijres)*, 12(2), 248. <https://doi.org/10.11591/ijres.v12.i2.pp248-259>
- Venkateswarlu, V., & Venkatrayulu, C. (2019). Prevalence of disease problems affecting shrimp *Litopenaeus vannamei* farming in Andhra Pradesh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(5), 275–279. <http://www.fisheriesjournal.com>
- Winardi, E. (2023). Implementasi smart farming 4.0 dengan PLTS off-grid di kebun hidroponik Perpusda Jatim. *JDIP*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.9744/jdip.1.1.1-7>
- Wu-Chih Hu, W.-C. H., Wu-Chih Hu, H.-T. W., Hsin-Te Wu, J.-W. Z., & Jun-We Zhan, J.-M. Z. (2021). Big data analysis on water quality condition in a white shrimp farming environment. *Big Data Analysis on Water Quality Condition in a White Shrimp Farming Environment*, 22(7), 1563–1573. <https://doi.org/10.53106/160792642021122207010>
- Yasin, M. (2023). Simulasi monitoring arus, tegangan, dan daya panel surya. *Emitor Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 87–92. <https://doi.org/10.23917/emitor.v22i2.21092>
- Yuliatin, U. (2023). Sistem pompa listrik tenaga surya untuk irigasi lahan pertanian masyarakat Cepu. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Indonesia*, 5(2), 72–77. <https://doi.org/10.29303/jpmsi.v5i2.252>