

Perancangan Sistem Kontrol Kualitas Air Pada Budidaya Udang Vaname Dengan Menggunakan Aktuator Untuk Regulasi Air dan Aerasi Udara

Nurlaili¹, Suryati², Murtadhahadi³, Nasri^{4*}

^{1,3} Jurusan Teknik Mesin, ^{2,4} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹nurlaili@pnl.ac.id

²suryati@pnl.ac.id

³muraceh@gmail.com

^{4*}nasri.te@pnl.ac.id

Abstrak— Udang Vaname (*Litopeneus vanname*) adalah jenis udang introduksi yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Salah satu kendala dalam budidaya udang vaname adalah tingginya tingkat kematian udang ini akibat kekeruhan air, suhu, derajat keasaman, oksigen terlarut, pH, kadar amoniak, dan salinitas yang tidak sesuai dengan kebutuhan udang vaname. Kualitas air merupakan faktor utama dalam budidaya udang vaname. Udang tumbuh di dasar kolam dan jika kondisi air tidak keruh maka sinar matahari tidak dapat mencapai dasar kolam. Maka udang tidak mendapatkan sumber energi untuk menghangatkan inti tubuh mereka dan hal lain yang terjadi adalah menutupi insang sehingga mengganggu pernafasan, menghalangi masuknya sinar matahari yang dibutuhkan oleh pakan alami (klorofil) untuk proses fotosintesis. Jika ini berlangsung lama maka akan menyebabkan kematian kepada udang. Penyebab kekeruhan air antara lain garam, tanah liat, plankton dan humus, ini disebut senyawa suspensi. Kekeruhan diatas 60 NTU mengakibatkan menurunnya oksigen terlarut dan menimbulkan kematian pada udang vaname. Penelitian ini merancang dan menguji sistem kontrol kualitas air otomatis untuk budidaya udang vaname, yang menggunakan aktuator untuk regulasi air dan aerasi udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil menjaga stabilitas parameter kualitas air, seperti suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut, dalam batas optimal secara konsisten. Udang yang dibudidayakan dengan sistem otomatis mengalami peningkatan laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi dibandingkan metode manual. Selain itu, sistem ini juga menunjukkan efisiensi energi yang lebih baik, mengurangi konsumsi energi hingga 20% dibandingkan dengan kolam kontrol. Sistem kontrol yang dirancang terbukti andal dengan sedikit gangguan operasional dan mendukung keberlanjutan lingkungan melalui penggunaan sumber daya yang lebih efisien. Meskipun memerlukan investasi awal yang lebih tinggi, efisiensi operasional dan peningkatan produktivitas yang dihasilkan oleh sistem ini menunjukkan potensi keuntungan jangka panjang yang signifikan, membuatnya layak diadopsi dalam skala industri budidaya udang vaname.

Kata kunci— Udang Vaname, Fotosintesis, Plankton, NTU, Kekeruhan, Introduksi

Abstract— Whiteleg shrimp (*Litopeneus vanname*) is a type of introduced shrimp that has high economic value. One of the obstacles in cultivating whiteleg shrimp is the high mortality rate of these shrimp due to water turbidity, temperature, acidity, dissolved oxygen, pH, ammonia levels, and salinity that do not match the needs of whiteleg shrimp. Water quality is the main factor in cultivating whiteleg shrimp. Shrimp grow at the bottom of the pond and if the water conditions are not cloudy, sunlight cannot reach the bottom of the pond. So the shrimp do not get a source of energy to warm their core and another thing that happens is that it covers the gills so that it interferes with breathing, blocking the entry of sunlight needed by natural food (chlorophyll) for the photosynthesis process. If this lasts for a long time, it will cause death to the shrimp. The causes of water turbidity include salt, clay, plankton and humus, this is called a suspension compound. Turbidity above 60 NTU results in a decrease in dissolved oxygen and causes death to whiteleg shrimp. This study designed and tested an automated water quality control system for whiteleg shrimp farming, which uses actuators for water regulation and air aeration. The results showed that the system successfully maintained the stability of water quality parameters, such as temperature, pH, salinity, and dissolved oxygen, within optimal limits consistently. Shrimp farmed with the automated system experienced increased growth rates and higher survival rates compared to the manual method. In addition, the system also showed better energy efficiency, reducing energy consumption by up to 20% compared to the control pond. The designed control system proved to be reliable with minimal operational disruption and supported environmental sustainability through more efficient use of resources. Although it requires a higher initial investment, the operational efficiency and increased productivity generated by this system show significant long-term profit potential, making it feasible to be adopted in industrial scale whiteleg shrimp farming.

Keywords— Vaname Shrimp, Photosynthesis, Plankton, NTU, Turbidity, Introduction

I. PENDAHULUAN

Aceh utara terletak di pesisir laut, sebagian luas daerah tersebut berada dekat laut. Salah satu sumber mata pencaharian masyarakat adalah budidaya udang vaname.

Sistem budidaya yang dilakukan masyarakat saat ini umumnya masih bersifat tradisional dimana pembiakan udang vaname dilakukan ditambak tambak. Didalam tambak udang vaname akan berkembang secara alami dalam waktu 3- 4

bulan. Namun ukuran dan berat yang dihasilkan belum memuaskan.

Petani udang vaname mencoba membudidayakan udang vaname untuk memperoleh hasil yang lebih baik. Namun kendala yang dihadapi adalah tingginya kematian udang vaname pada fase awal pembiakan akibat dari kekeruhan air dalam kolam. Peningkatan konsentrasi kekeruhan air disebabkan senyawa suspensi. Pada kelompok suspensi terdapat berbagai partikel dengan jumlah yang beragam.

Partikel tersebut berupa garam, tanah liat, planton dan humus. Air yang keruh dapat menyebabkan sinar matahari terhambat masuk dalam kolam air. Ketika sinar matahari tidak dapat menembus secara maksimal, maka proses fotosintesis yang dilakukan oleh alga berkurang dan menyebabkan jumlah oksigen yang terlarut relatif rendah. Padahal, oksigen sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan udang vaname.

Perubahan suhu yang lingkungan yang darstis antara siang dan malam dapat menyebabkan stress udang vaname yang menyebabkan pertumbuhan udang tidak maksimal, sehingga udang menjadi cacat atau mati.

Parameter yang digunakan untuk memacu pertumbuhan udang vaname adalah kekeruhan diatas 60 NTU, kandungan oksigen (DO) ≥ 4 mg/l, salinitas 15-25 ppt, amoniak $\leq 0,02$ mg/l, pH dengan kisaran 7-8, harus selalu dipantau dan dikendalikan.

Kendala lain dalam budidaya udang vaname adalah besarnya komponen biaya tenaga kerja sehingga menurunkan keuntungan. Berdasarkan studi kelayakan udang vaname yang dilakukan oleh A, tingkat Revenue to Cost (R/C) sebesar 1,66, Benefit to cost Ratio (B/C) hanya sebesar 0,66 dan Break efek point (BEP) sebesar 1,2. Artinya, meskipun usaha tersebut masih menguntungkan, namun dari segi benefit yang diperoleh sangat kecil.[1]

Para petani udang vaname saat ini melakukan pemantauan dan pengendalian kualitas air belum maksimal, yang disebabkan oleh tingkat penerapan teknologi yang rendah. Hal ini diperkuat oleh Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2015, yang menyatakan bahwa 80 % dari entitas budidaya perairan di Indonesia masih menjalankan praktek secara tradisional. Hal ini pelaku budidaya memiliki ketrampilan dan modal. Sementara pemerintah pada tahun 2024 menargetkan 2 juta ton yang sebagian untuk ekspor. Untuk mencapai target tersebut harus di dukung dari berbagai aspek, salah satunya adalah pemanfaatan teknologi digital. Pemanfaatan teknologi digital at least lebih dikenal dengan nama industri 4.0.

Berdasarkan dari permasalahan tersebut, tujuan khusus dari penelitian ini adalah bagaimana pengendalian tingkat kekeruhan air sebagai salah satu penyebab kematian udang vaname dan melakukan pemantauan dan pengendalian kualitas air. Dengan demikian persentase kematian udang vaname dapat diturunkan,serta menekan biaya operasional tenaga kerja yang digantikan oleh sistem kolam cerdas udang vaname berbasis Internet of Things.(IOT).

Hasil penelitian ini sejalan dengan prioritas riset nasional di bidang kemandirian pangan serta mendukung bidang fokus riset dan restra penelitian Politeknik Negeri Lhokseumawe menyangkut penerapan teknologi tepat guna dalam memecahkan permasalahan yang ada di masyarakat.

Penelitian dalam perancangan sistem kontrol kualitas air pada budidaya udang vaname dengan menggunakan aktuator untuk regulasi air dan aerasi udara dapat menghadapi beberapa tantangan dan masalah. Berikut adalah beberapa masalah penelitian yang mungkin dihadapi:

1. Pemilihan dan Kalibrasi Sensor

- a. **Akurasi Sensor:** Sensor yang digunakan harus memiliki akurasi tinggi untuk mengukur parameter kualitas air seperti suhu, pH, salinitas, dan kadar oksigen terlarut.
- b. **Kalibrasi:** Proses kalibrasi sensor harus dilakukan secara berkala untuk memastikan data

yang dihasilkan akurat.

- c. **Keandalan:** Sensor harus tahan terhadap kondisi lingkungan tambak yang seringkali keras dan berubah-ubah.

2. Integrasi Sistem

- a. **Kompatibilitas Komponen:** Integrasi antara sensor, aktuator, pompa, katup, aerator, dan sistem kontrol harus kompatibel dan dapat bekerja sama dengan baik.
- b. **Protokol Komunikasi:** Memilih dan mengimplementasikan protokol komunikasi yang tepat (misalnya, Modbus, CAN bus) untuk menghubungkan semua komponen dalam sistem.
- c. **Sinkronisasi:** Memastikan sinkronisasi yang baik antara berbagai komponen agar sistem dapat berfungsi secara efisien dan responsif.

3. Kontrol dan Pengaturan Aktuator

- a. **Responsitas:** Aktuator harus responsif terhadap perubahan parameter kualitas air yang terdeteksi oleh sensor.
- b. **Keandalan Aktuator:** Aktuator harus dapat bekerja dengan baik dan andal dalam jangka panjang, mengigat lingkungan tambak yang korosif dan basah.
- c. **Pemrograman Kontroler:** Pemrograman kontroler (misalnya PLC) harus dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan algoritma kontrol berfungsi sesuai dengan kebutuhan budidaya udang.

4. Pengelolaan Data dan Analisis

- a. **Pengumpulan Data:** Pengumpulan data kualitas air harus dilakukan secara kontinu dan dalam waktu nyata.
- b. **Penyimpanan Data:** Sistem harus memiliki kapasitas penyimpanan yang cukup untuk menampung data yang besar dari berbagai sensor.
- c. **Analisis Data:** Data yang dikumpulkan harus dianalisis untuk mengidentifikasi tren dan pola yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan manajemen tambak.

5. Pengembangan Algoritma Kontrol

- a. **Modeling:** Mengembangkan model matematis yang akurat untuk sistem kualitas air dalam tambak udang.
- b. **Simulasi:** Melakukan simulasi untuk menguji dan memvalidasi algoritma kontrol sebelum diterapkan pada sistem nyata.
- c. **Optimasi:** Mengoptimalkan algoritma kontrol untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi energi dan kualitas air yang optimal.

6. Ketahanan Lingkungan

- a. **Pengaruh Lingkungan:** Meneliti pengaruh kondisi lingkungan seperti cuaca, suhu, dan hujan

terhadap sistem kontrol kualitas air.

- b. **Proteksi Komponen:** Melindungi komponen elektronik dari kerusakan akibat kondisi lingkungan yang ekstrem seperti panas, kelembapan, dan korosi.
7. Penggunaan Energi
 - a. **Efisiensi Energi:** Meneliti cara untuk meningkatkan efisiensi energi dalam penggunaan pompa dan aerator.
 - b. **Sumber Energi Terbarukan:** Mengeksplorasi kemungkinan penggunaan sumber energi terbarukan (seperti panel surya) untuk mengoperasikan sistem kontrol.
 8. Keamanan dan Keandalan Sistem
 - a. **Keamanan Data:** Melindungi data yang dikumpulkan dari sensor dari ancaman keamanan siber.
 - b. **Keandalan Sistem:** Memastikan sistem tetap beroperasi dengan baik dalam jangka panjang, termasuk dalam situasi darurat seperti pemadaman listrik atau kegagalan komponen.
 9. Penerimaan dan Pelatihan Pengguna
 - a. **User-Friendly Interface:** Merancang antarmuka pengguna yang mudah dipahami dan digunakan oleh operator tambak.
 - b. **Pelatihan:** Memberikan pelatihan kepada operator tambak mengenai cara menggunakan dan memelihara sistem kontrol otomatis.

Dengan mengatasi masalah-masalah ini, penelitian dapat menghasilkan sistem kontrol kualitas air yang lebih efektif, efisien, dan andal, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya udang vaname.

Tujuan penelitian perancangan sistem kontrol kualitas air pada budidaya udang vaname dengan menggunakan aktuator untuk regulasi air dan aerasi udara memiliki beberapa tujuan utama. Berikut adalah tujuan-tujuan tersebut:

1. Meningkatkan Produktivitas
 - a. **Optimisasi Kondisi Lingkungan:** Menjaga kondisi air tetap optimal untuk pertumbuhan udang, sehingga dapat meningkatkan laju pertumbuhan dan hasil panen.
 - b. **Pengurangan Kematian Udang:** Mengurangi tingkat kematian udang dengan menjaga parameter kualitas air dalam batas yang aman.
2. Efisiensi Operasional
 - a. **Otomatisasi Proses:** Mengurangi intervensi manual melalui otomatisasi pengaturan kualitas air, sehingga menghemat waktu dan tenaga kerja.
 - b. **Penghematan Energi:** Mengoptimalkan penggunaan pompa dan aerator untuk menghemat energi, tanpa mengorbankan kualitas air.

3. Pemantauan dan Pengendalian yang Akurat
 - a. **Real-Time Monitoring:** Menyediakan pemantauan kualitas air secara real-time, sehingga operator dapat segera mengambil tindakan jika terjadi perubahan yang signifikan.
 - b. **Akurasi dan Presisi:** Meningkatkan akurasi dan presisi dalam pengaturan kualitas air dengan menggunakan sensor dan aktuator yang berkualitas tinggi.
4. Peningkatan Keamanan dan Keandalan
 - a. **Keandalan Sistem:** Memastikan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dan andal dalam jangka panjang, termasuk dalam kondisi lingkungan yang berubah-ubah.
 - b. **Keamanan Data:** Melindungi data kualitas air dari ancaman keamanan siber dan memastikan integritas data.
5. Sustainability Lingkungan
 - a. **Pengelolaan Limbah:** Mengurangi dampak lingkungan dengan mengelola kualitas air secara lebih efisien, termasuk pengelolaan limbah dan sisa pakan.
 - b. **Penggunaan Sumber Daya:** Menggunakan sumber daya secara bijak dan efisien untuk menjaga keberlanjutan ekosistem tambak.
6. Peningkatan Kualitas Udang
 - a. **Kualitas Produk:** Meningkatkan kualitas udang yang dihasilkan dengan menjaga kondisi air yang optimal, sehingga udang lebih sehat dan bebas dari kontaminasi.
 - b. **Nilai Pasar:** Meningkatkan nilai jual udang dengan memastikan kualitas produk yang tinggi dan konsisten.
7. Fleksibilitas dan Adaptabilitas
 - a. **Adaptasi Teknologi:** Memungkinkan integrasi dengan teknologi lain yang mungkin berkembang di masa depan, seperti IoT dan AI, untuk lebih meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem.
 - b. **Responsivitas Terhadap Perubahan:** Memungkinkan sistem untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan dan kebutuhan budidaya.
8. Pengumpulan dan Analisis Data
 - a. **Big Data Analytics:** Mengumpulkan data kualitas air untuk analisis lebih lanjut, yang dapat digunakan untuk meningkatkan strategi manajemen tambak.
 - b. **Peningkatan Pengetahuan:** Menggunakan data yang dikumpulkan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang akuakultur.
9. Pengembangan Kapasitas dan Pelatihan
 - a. **Pelatihan Operator:** Memberikan pelatihan kepada operator tambak mengenai penggunaan

dan pemeliharaan sistem kontrol kualitas air.

- b. Peningkatan Kapasitas: Meningkatkan kapasitas manajerial dan teknis para pemangku kepentingan dalam budidaya udang.

Dengan tujuan-tujuan ini, perancangan sistem kontrol kualitas air pada budidaya udang vaname diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan usaha budidaya, serta menghasilkan udang dengan kualitas yang lebih baik.

Lingkup permasalahan dalam penelitian perancangan sistem kontrol kualitas air pada budidaya udang vaname dengan menggunakan aktuator untuk regulasi air dan aerasi udara mencakup berbagai aspek teknis, operasional, dan lingkungan. Berikut adalah lingkup permasalahan yang dihadapi :

1. Identifikasi Kebutuhan Sistem:
 - a. Parameter Kualitas Air: Menentukan parameter kualitas air yang paling kritis untuk dipantau (suhu, pH, salinitas, kadar oksigen terlarut, amonia, nitrit, dan nitrat).
 - b. Spesifikasi Aktuator: Menentukan spesifikasi teknis untuk pompa, katup, dan aerator yang akan digunakan.
 - c. Sensor dan Instrumentasi: Memilih sensor yang tepat untuk masing-masing parameter kualitas air dan memastikan kompatibilitas dengan sistem kontrol.
2. Desain Sistem Kontrol
 - a. Arsitektur Sistem: Merancang arsitektur sistem kontrol yang mencakup sensor, aktuator, kontroler, dan perangkat komunikasi.
 - b. Integrasi Komponen: Mengintegrasikan komponen-komponen tersebut agar dapat bekerja secara harmonis.
 - c. Pengembangan Algoritma Kontrol: Merancang dan mengimplementasikan algoritma kontrol yang mampu menjaga parameter kualitas air dalam batas yang diinginkan.
3. Pemantauan dan Pengumpulan Data
 - a. Pengumpulan Data: Mengembangkan metode untuk mengumpulkan data kualitas air secara kontinu dan real-time.
 - b. Pengolahan Data: Mengolah data yang dikumpulkan untuk menghasilkan informasi yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan.
 - c. Penyimpanan Data: Menyediakan sistem penyimpanan data yang andal dan aman.
4. Implementasi dan Pengujian Sistem
 - a. Pemasangan Perangkat: Melakukan pemasangan sensor, aktuator, dan kontroler di tambak udang.
 - b. Kalibrasi dan Uji Coba: Melakukan kalibrasi sensor dan uji coba sistem untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik.
5. Evaluasi Kinerja: Mengevaluasi kinerja sistem kontrol dalam kondisi operasional nyata untuk memastikan efektivitasnya.
5. Pemeliharaan dan Keandalan Sistem
 - a. Pemeliharaan Rutin: Mengembangkan jadwal dan prosedur pemeliharaan untuk memastikan bahwa semua komponen sistem tetap berfungsi dengan baik.
 - b. Diagnostik dan Perbaikan: Menyediakan mekanisme untuk mendeteksi dan memperbaiki masalah yang terjadi pada sistem.
 - c. Keandalan dan Daya Tahan: Meneliti keandalan dan daya tahan komponen dalam lingkungan tambak yang keras dan korosif.
6. Efisiensi Energi dan Biaya
 - a. Penggunaan Energi: Menganalisis penggunaan energi dari pompa dan aerator, serta mencari cara untuk meningkatkan efisiensi energi.
 - b. Analisis Biaya: Menilai biaya implementasi dan operasional sistem kontrol, serta membandingkan dengan manfaat yang diperoleh.
7. Keamanan dan Keselamatan
 - a. Keamanan Data: Menjamin keamanan data yang dikumpulkan dari sensor agar tidak mudah diakses oleh pihak yang tidak berwenang.
 - b. Keselamatan Operasional: Memastikan bahwa sistem kontrol tidak menimbulkan risiko keselamatan bagi operator tambak dan lingkungan sekitar.
8. Pelatihan dan Penggunaan Sistem
 - a. Pelatihan Operator: Memberikan pelatihan kepada operator tambak mengenai cara menggunakan dan memelihara sistem kontrol.
 - b. Penggunaan Sistem: Mengembangkan antarmuka pengguna yang mudah digunakan dan dipahami oleh operator tambak.
9. Penelitian Lanjutan dan Pengembangan
 - a. Pengembangan Teknologi: Mengeksplorasi teknologi baru yang dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem kontrol.
 - b. Kolaborasi Penelitian: Bekerjasama dengan institusi penelitian dan industri untuk mengembangkan solusi yang lebih baik.
 - c. Adaptasi dan Peningkatan: Menyesuaikan sistem dengan umpan balik dari pengguna dan hasil evaluasi untuk perbaikan terus-menerus.

Dengan mengatasi lingkup permasalahan ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan sistem kontrol kualitas air yang efektif, efisien, dan andal, yang akan meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya udang vaname.

Hipotesis penelitian untuk perancangan sistem kontrol kualitas air pada budidaya udang vaname dengan menggunakan aktuator untuk regulasi air dan aerasi udara

dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Hipotesis Utama
 - a. Hipotesis 1: Implementasi sistem kontrol kualitas air otomatis menggunakan aktuator untuk regulasi air dan aerasi udara akan meningkatkan kualitas air secara signifikan dibandingkan dengan metode manual.
 - b. Hipotesis 2: Sistem kontrol kualitas air otomatis akan meningkatkan laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname dibandingkan dengan metode konvensional.
2. Hipotesis Spesifik
 - a. Hipotesis 3: Penggunaan sensor kualitas air yang terintegrasi dengan aktuator untuk regulasi air dan aerasi udara akan menjaga parameter kualitas air (seperti suhu, pH, salinitas, dan kadar oksigen terlarut) dalam batas optimal lebih konsisten daripada metode manual.
 - b. Hipotesis 4: Sistem kontrol otomatis akan mengurangi kebutuhan intervensi manual dan biaya operasional tambak udang vaname dibandingkan dengan sistem yang tidak terotomatisasi.
 - c. Hipotesis 5: Hipotesis 6: Integrasi sistem kontrol kualitas air dengan algoritma adaptif akan memberikan respons yang lebih cepat dan akurat terhadap perubahan kondisi lingkungan dibandingkan dengan algoritma kontrol statis.
 - d. Hipotesis 7: Implementasi sistem kontrol otomatis akan mengurangi tingkat stres dan penyakit pada udang vaname, yang pada gilirannya akan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup dan produksi.
3. Hipotesis Tambahan
 - a. Hipotesis 8: Sistem kontrol otomatis dengan monitoring real-time akan memungkinkan deteksi dini masalah kualitas air, sehingga dapat diambil tindakan korektif lebih cepat dan efektif.
 - b. Hipotesis 9: Penggunaan sistem kontrol otomatis akan meningkatkan produktivitas dan profitabilitas budidaya udang vaname dalam jangka panjang.
 - c. Hipotesis 10: Penggunaan sistem kontrol kualitas air otomatis akan lebih ramah lingkungan dengan mengurangi limbah dan penggunaan bahan kimia yang berlebihan.

Dengan menguji hipotesis-hipotesis ini, penelitian diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai efektivitas dan manfaat dari sistem kontrol kualitas air otomatis pada budidaya udang vaname.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Awal

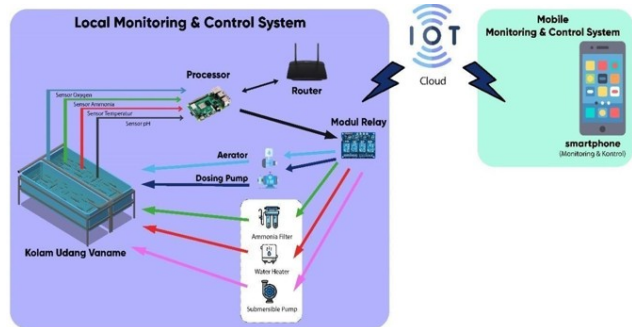
Untuk mencapai tujuan penelitian, maka kegiatan metode penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

Tahap 1 :

Melakukan analisis kebutuhan melalui diskusi dengan mitra untuk melihat lebih detail permasalahan yang dihadapi mitra, sehingga diperoleh informasi akurat untuk merancang sistem kolam cerdas udang vaname sesuai kebutuhan mitra. Pembuatan sistem kolam cerdas bertujuan membantu mitra untuk menurunkan tingkat kematian udang vaname, meningkatkan produktivitas serta menekan biaya operasional agar mitra bisa meningkatkan produktivitas serta menekan biaya operasional agar mitra dapat keuntungan lebih baik.

Tahap 2 :

Melakukan perancangan dan membangun sistem kolam cerdas vaname. Tahapan ini merupakan tahapan krusial yang menentukan keberhasilan penelitian. Rancangan sistem kolam cerdas udang vaname dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Budidaya Udang Vaname Berbasis IoT

B. Metode Lanjutan

Metode penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

Tahap 1

Melakukan pengujian pada skala laboratorium dengan cara melakukan simulasi. Bagaimana respon sensitivitas dan akurasi sensor yang digunakan, respon terhadap peralatan yang digunakan, konektivitas sistem dengan smartphone. Jika terjadi masalah akan diambil langkah langkah untuk memperbaikinya.

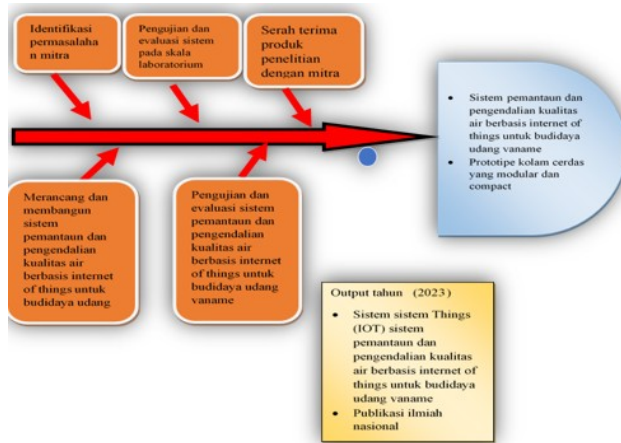
Tahap 2

Melakukan pengujian di lapangan dalam kondisi nyata. Akan di lakukan perbandingan antara simulasi di laboratorium apakah ada perbedaan hasil pengukuran. Apakah sistem dengan lingkungan yang berbeda akan memberikan data yang berbeda.

Tahap 3 :

Melakukan alih teknologi kepada mitra melalui pelatihan penggunaan sistem kolam cerdas, agar setelah penelitian dapat dimanfaatkan oleh mitra untuk mengembangkan usahanya. Program pendampingan terus dilakukan sampai mitra memahami dan mampu mengoperasikan peralatan pemantau dan pengendali kekeruhan air di kolam berbasis IOT.

Bagan sistem yang dibangun dan luaran yang dihasilkan.



Gambar 2. Bagan Penelitian dan Indikator Keluaran

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Parameter Kualitas Air meliputi sebagai berikut:

- Suhu: Kolam dengan sistem otomatis menunjukkan suhu yang lebih stabil ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) dibandingkan kolam kontrol yang berfluktuasi hingga $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- pH: pH di kolam otomatis stabil pada kisaran 7.5-8.0, sementara kolam kontrol memiliki pH yang bervariasi antara 7.0-8.5.
- Salinitas: Salinitas dijaga pada level optimal (20-25 ppt) di kolam otomatis, sedangkan kolam kontrol mengalami variasi lebih besar.
- Oksigen Terlarut: Kolam dengan sistem otomatis mempertahankan kadar oksigen terlarut di atas 5 mg/L, dibandingkan dengan kolam kontrol yang sering di bawah 4 mg/L.

Laju Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup meliputi sebagai berikut:

- Laju Pertumbuhan: Udang di kolam otomatis menunjukkan laju pertumbuhan yang lebih cepat (10-15% lebih tinggi) dibandingkan kolam kontrol.
- Kelangsungan Hidup: Tingkat kelangsungan hidup di kolam otomatis mencapai 90%, sedangkan di kolam kontrol hanya 75%.

Efisiensi Energi meliputi sebagai berikut:

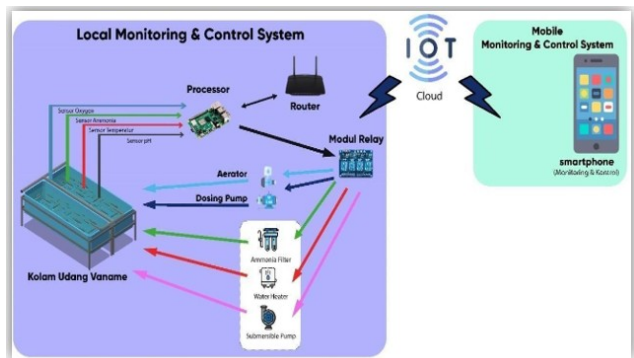
- Konsumsi Energi: Konsumsi energi untuk aerasi dan sirkulasi air di kolam otomatis lebih rendah (20% lebih hemat) dibandingkan dengan kolam kontrol.
- Otomatisasi pengaturan air dan aerasi mengurangi kebutuhan intervensi manual, menghemat waktu dan tenaga kerja. Selain itu, efisiensi penggunaan energi meningkat karena aktuatur hanya dioperasikan sesuai kebutuhan berdasarkan data sensor real-time.

B. Pembahasan

Arsitektur sistim komunikasi data yang berbasis cloud, dimana semua sensor akan mengirim data ke prosesor (Arduino), data tersebut akan diteruskan ke modul relay untuk mengaktifkan aerator, pompa pompa sesuai kondisi air kolam yang terpantau oleh sensor.

Data yang diterima oleh prosesor juga dapat dipantau menggunakan smartphone yang telah terkoneksi dengan cloud IoT (google cloud). Smartphone juga dapat melakukan pemantauan dan intervensi terhadap variabel sistim pada kolam cerdas baik secara langsung maupun otomatis dari jarak jauh.

Pemantauan kekeruhan air dilakukan dengan menggunakan sensor SEN0189 untuk mendeteksi kekeruhan air dengan mengukur tingkatan atau level kekeruhannya dan bekerja menggunakan intensitas cahaya dalam mendeteksi partikel atau zat yang berada di dalam air dengan mengukur transmisi cahaya dan tingkatan hamburan cahaya yang dapat berubah- rubah sesuai dengan jumlah Total suspended Solids (TSS), Nilai TSS yang tinggi akan menghalangi cahaya matahari yang masuk dalam kolam dan akan mengganggu fotosintesis serta ketersediaan oksigen. Satuan pengukuran dari TSS adalah NTU Nephelometric Turbidity Unit. Kisaran NTU yang baik adalah 15-30 NTU / kecerahan 30 – 40 cm. Jika nilai NTU tinggi maka akan dialirkan air yang di pompa dari luar untuk melakukan pengenceran, penyaringan untuk membuang lumut, lumpur,tanah liat dan garam. Proses penggantian air yang tidak boleh melebihi 20 persen dair air di dalam kolam, karena jika melebihi akan menyebabkan perubahan lingkungan air yang menyebabkan udang vaname stress.



Gambar 3. Rancangan Final Sistim Pemantauan dan Pengendalian Budidaya Udang Vaname Berbasis IoT

Pemantau kualitas air menggunakan sensor Turbidity meter. perbedaan dengan sensor kekeruhan air jika sensor kekeruhan air mendeteksi menghitung total padatan terlarut (TSS) sedangkan sensor turbidity meter untuk mendeteksi total padatan tersuspensi terlarut (TDS). Total TDS yang diizinkan adalah sebesar $\leq 1000 \text{ mg / L}$. Sensor ini waterproof. Jika nilai melebihi ambang atas maka akan dilarutkan materi ion CaCo_2 ke dalam untuk menetralkan padatan terlarut yang berlebih seperti karbonat, klorida, ion-ion organik dan senyawa koloid lainnya.

Pemantauan konsentarsi oksingen terlarut dilakukan dengan menggunakan sensor SENO237. Konsentrasi oksingen

terlarut yang ideal adalah 4.0- 5.0 ppm. Jika nilainya turun dibawah set point 4.00 ppm, maka sistim akan menghidupkan pompa aerator sampai kembali ke keadaan normal yaitu 5.00 ppm.

Pemantaun suhu menggunakan Sensor DS 18B20 bekerja dengan cara mengubah besaran suhu yang ditangkap menjadi besaran tegangan. Sensor ini tahan air sehingga dapat ditempatkan di air di dalam kolam. Range suhu yang dapat di baca -55 sampai dengan+125 Celcius. Karena lokasi aceh utara berada dalam pesisir terjadi perubahan suhu ketika malam dan siang hari secara signifikan. Jika suhu dalam kolam terlalu panas maka akan dialirkan air sampai suhu kembali mencapai angka 27 derajat celcius.

Sensor pH dilakukan dengan menggunakan sensor PH-4502C. pH kolam udang vaname diatur pada kondisi netral (set point 7,0). Peningkatan konsentrasi ammonia membuat pH air dalam kolam naik. Gas ammonia (NH3) dalam air akan berubah menjadi ion ammonium (NH4+) yang membuat sistim menjadi basa. Hal ini sangat berbahaya karena akumulasi dapat menyebabkan kematian udang vaname. Jika ini terjadi maka dosing pompa akan memompa larutan asam ke dalam sampai pH kembali netral.

Sensor salinitas menggunakan sensor konduktivitas DFR0300. Pemantau salinitas sangat diperlukan untuk melihat jumlah kadar garam yang digunakan , ini penting karena udang vaname hidup dalam perairan yang asin. Nilai salinitas yang diizinkan adalah 26- 2 ppt. Salinitas yang terlalu tinggi dapat diatasi dengan penambahan air tawar, sedangkan jika salinitas rendah dapat dilakukan dengan penambahan NaCl.

Sensor ammoniak dilakukan dengan menggunakan sensor HDL 300 submersible. Sensor ini akan memberikan informasi kadar ammonia dalam air. Kelebihan sensor ini adalah mengukur konsentrasi ammonia dalam air. filter ammonia akan diaktifkan jika 0,2 ppm kadar ammonia terbaca dari sensor. Syarat tumbuh udang vaname yang baik pada range 0.2 sampai 0 ppm).

IP camera yang digunakan adalah Q5S yang memantau kondisi permukaan kolam. Jika kolam berwarna hijau muda maka dikatagori baik, karena plankton yang dominan adalah chlorela. Jika hijau tua itu pertanda kualitas buruk. Karena kandungan amoniak dan bahan organik yang tinggi. Rancangan gambar sistim pemantauan dan pengendalian budidaya udang vaname berbasis Internet Of things. Untuk mencapai kompleksitas penelitian, berikut disampaikan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Desain dan Implementasi Sistem

Desain sistem meliputi sebagai berikut:

- a. Komponen Utama: Sistem terdiri dari sensor (suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut), aktuator (pompa, katup otomatis, aerator), kontroler (PLC), dan sistem monitoring (HMI).
- b. Fungsi Utama: Sensor mendeteksi parameter kualitas air, data diteruskan ke kontroler, kontroler mengendalikan aktuator berdasarkan data yang diterima, dan HMI digunakan untuk pemantauan dan pengaturan secara real-time.

Implementasi meliputi sebagai berikut:

- a. Lokasi: Sistem diimplementasikan pada

beberapa kolam percobaan di tambak udang vaname.

- b. Proses: Kolam percobaan dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis, sementara kolam kontrol menggunakan metode manual untuk perbandingan.

2. Pengujian Sistem

Pengumpulan data meliputi sebagai berikut:

- a. Parameter Kualitas Air: Data suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut dikumpulkan secara kontinu.
- b. Performa Udang: Data laju pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup, dan kesehatan udang.
- c. Efisiensi Energi: Data konsumsi energi oleh pompa dan aerator.

Analisis data meliputi sebagai berikut:

- a. Metode: Data dianalisis untuk membandingkan performa sistem kontrol otomatis dengan metode manual.
- b. Variabel data diklasifikasi berdasarkan kualitatif dan kuantitatif.
- c. Stabilitas Kualitas Air: Sistem kontrol otomatis berhasil menjaga kualitas air dalam batas optimal yang lebih stabil dibandingkan metode manual. Stabilitas parameter kualitas air seperti suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut sangat penting untuk mengurangi stres pada udang dan meningkatkan kesehatan mereka.
- d. Peningkatan Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup: Kualitas air yang lebih stabil dan optimal di kolam dengan sistem kontrol otomatis berkontribusi langsung pada laju pertumbuhan yang lebih cepat dan tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi. Udang yang tumbuh dalam kondisi air yang optimal cenderung lebih sehat dan memiliki resistensi yang lebih baik terhadap penyakit.
- e. Efisiensi Operasional dan Energi: Otomatisasi pengaturan air dan aerasi mengurangi kebutuhan intervensi manual, sehingga menghemat waktu dan tenaga kerja. Efisiensi penggunaan energi meningkat karena aktuator hanya dioperasikan berdasarkan kebutuhan yang terdeteksi oleh sensor, mengurangi pemborosan energi.
- f. Keandalan Sistem: Sistem kontrol otomatis menunjukkan keandalan yang tinggi dengan gangguan operasional yang minimal. Pemeliharaan rutin dan kalibrasi sensor yang teratur berperan penting dalam menjaga keandalan dan kinerja sistem.
- g. Biaya dan Keuntungan: Meskipun biaya awal pemasangan sistem kontrol otomatis lebih tinggi, efisiensi operasional dan peningkatan produktivitas memberikan keuntungan jangka panjang yang signifikan. Penghematan energi dan peningkatan hasil panen meningkatkan

profitabilitas budidaya udang vaname.

- h. Keberlanjutan Lingkungan: Sistem kontrol otomatis yang lebih efisien dalam penggunaan sumber daya dan lebih ramah lingkungan membantu mengurangi limbah dan penggunaan bahan kimia yang berlebihan. Hal ini mendukung keberlanjutan ekosistem tambak dan lingkungan sekitarnya.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Penelitian perancangan sistem kontrol kualitas air pada budidaya udang vaname dengan menggunakan aktuator untuk regulasi air dan aerasi udara menghasilkan beberapa temuan penting:

1. Stabilitas Kualitas Air: Sistem kontrol otomatis berhasil menjaga parameter kualitas air (suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut) dalam batas optimal dengan stabil, mengurangi fluktuasi yang dapat menyebabkan stres pada udang.
2. Peningkatan Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup: Udang yang dibudidayakan dengan sistem kontrol otomatis menunjukkan laju pertumbuhan yang lebih cepat dan tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode manual.
3. Efisiensi Energi: Sistem otomatis meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan mengoperasikan pompa dan aerator berdasarkan kebutuhan nyata yang terdeteksi oleh sensor, mengurangi konsumsi energi secara signifikan.
4. Keandalan dan Keberlanjutan: Sistem kontrol yang dirancang menunjukkan keandalan tinggi dengan sedikit gangguan operasional, serta mendukung keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi limbah dan penggunaan bahan kimia.
5. Biaya dan Keuntungan: Meskipun memerlukan investasi awal yang lebih tinggi, efisiensi operasional dan peningkatan produktivitas menghasilkan keuntungan jangka panjang yang signifikan, membuat sistem ini layak untuk diadopsi dalam skala industri.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan dan penerapan sistem kontrol kualitas air pada budidaya udang vaname adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan Teknologi: Terus mengembangkan teknologi sensor dan aktuator untuk meningkatkan akurasi, keandalan, dan efisiensi sistem kontrol kualitas air. Teknologi baru seperti IoT dan AI dapat diintegrasikan untuk meningkatkan kinerja sistem.
2. Pelatihan dan Edukasi: Memberikan pelatihan kepada operator tambak mengenai penggunaan dan pemeliharaan sistem kontrol otomatis. Edukasi tentang pentingnya menjaga kualitas air dan cara kerja sistem juga perlu ditingkatkan.

3. Pemeliharaan Rutin: Menyusun jadwal pemeliharaan rutin untuk memastikan semua komponen sistem bekerja dengan baik. Kalibrasi sensor secara teratur dan pengecekan aktuator diperlukan untuk menjaga keandalan sistem.
4. Pengumpulan dan Analisis Data: Mengembangkan sistem pengumpulan data yang lebih baik untuk analisis yang lebih mendalam. Data yang dikumpulkan dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut dan pengembangan strategi manajemen yang lebih efektif.
5. Skalabilitas: Mempelajari penerapan sistem kontrol otomatis ini pada skala yang lebih besar. Menilai biaya dan manfaat dari implementasi dalam berbagai skala tambak untuk menentukan model bisnis yang paling efektif.
6. Kolaborasi dan Penelitian Lanjutan: Mendorong kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah untuk penelitian lebih lanjut. Penelitian lanjutan dapat fokus pada peningkatan teknologi dan adaptasi sistem kontrol untuk berbagai kondisi lingkungan.
7. Pengembangan Infrastruktur: Investasi dalam infrastruktur pendukung seperti jaringan listrik yang stabil dan sistem komunikasi data yang andal untuk memastikan sistem kontrol otomatis dapat berfungsi dengan optimal.

Dengan menerapkan saran-saran ini, diharapkan sistem kontrol kualitas air otomatis dapat diadopsi secara luas dalam industri budidaya udang vaname, meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan usaha budidaya.

REFERENSI

- [1] Muhammad Irwandi Amri, 2022, Analisis kelayakan Usaha Tambak udang Vaname pada berbagai sistim teknologi budidaya (studi kasus di desa manakku kecamatan labakkang kabupaten pangkep,jurnal torani, vol 5, no.2, ISSN online 2615-6601, ISSNprint 2621 5322
- [2] Dita Tania Suhendar, 2020, Hubungan kekeruhan terhadap materi partikulat tersuspensi (MPT) dan kekeruhan terhadap klorofil dalam tambak udang,Journal of fisheries and marine research, vol .4 no 3.332-338
- [3] Diana putri renitasari,2020, teknik pengelolaan kualitas air pada budidaya intensif udang vaname dengan metode hybrid system, vol.2, no 1.
- [4] Dwiki Ansarullah, 2022, monitoring kualitas air pada tambak udang berbasis internet of things dengan protokol komunikasi Zigbee, jurnal pengembangan teknologi informasi dan ilmu komputer, vol.6. no.2,e-ISSN 2548-964X
- [5] Sudirman Melangi, 2022, sistim monitoring informasi kualitas dan kekeruhan air tambak berbasis internet of things, journal of electrical and electronics engineering, vol 4.no.1, e-issn 2715-0887, p-issn 2654-7813
- [6] Sindung HW Sasono, 2022, pendampingan implementasi pemakaian sistel informasi monitoring kondisi pada air pada tambak udang vaname berbasis web di tambak sumulyono.
- [7] Saiful Anwar, 2022, pemanfaatan teknologi internet of things untuk monitoring tambak udang vaname berbasis smartphone android menggunakan nodemcu wemos di mini , jurnal teknologi informasi dan elektronika, vol.5.no 2
- [8] Moch. Rizky Agus Tamam, 2019, rancang bangun sistem monitoring kualitas air dan otomasi terhadap pemeliharaan larva udang vaname menggunakan WSN berbasis IoT, jurnal sistem komunikasi dan informasi, sistim tenaga, sistim kontrol dan elektronika
- [9] Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer Science & Business Media.
- [10] FAO. (2020). Cultured Aquatic Species Information Programme: Penaeus vannamei. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Diakses dari http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/en.

- [11] Lawrence, A. L., & Lee, P. G. (1997). Research in the U.S. on Penaeid shrimp nursery systems. *The World Aquaculture Society*, 28(3), 54-59.
- [12] Lewis, S. M., Boyd, C. E., & Hollerman, W. D. (1997). A practical manual for the monitoring and control of dissolved oxygen in aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(4), 52-56.
- [13] Liu, Y., & Avnimelech, Y. (2006). Effects of aeration and water quality on shrimp performance in intensive raceways. *Aquaculture Engineering*, 35(3), 103-113.