

**PENERAPAN AQUAPONIC-RECIRCULATING
AQUACULTURE SYSTEM (A-RAS) UNTUK
BUDIDAYA LELE BERBASIS IOT**

Tugas Akhir

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

memperoleh gelar sarjana

dari Program Studi Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

1202200405

RIDWAN THORIQ BRAHMASTYO ADI



**Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota
Surabaya)**

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN AQUAPONIC-RECIRCULATING
AQUACULTURE SYSTEM (A-RAS) UNTUK
BUDIDAYA LELE BERBASIS IOT**

***APPLICATION OF AQUAPONIC-RECIRCULATING
AQUACULTURE SYSTEM (A-RAS) FOR IOT-BASED CATFISH
CULTIVATION***

NIM :1202200405

RIDWAN THORIQ BRAHMASTYO ADI

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar pada Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

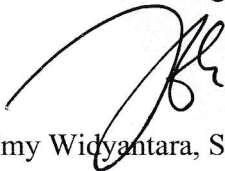
Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya, 12 Agustus 2024

Menyetujui

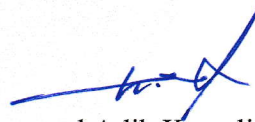
Pembimbing I,



Dr. Helmy Widyantara, S.Kom., M.Eng.

NIP. 19790001

Pembimbing II,



Muhammad Adib Kamali. S.T., M.Eng.

NIP. 22970007

Ketua Program Studi
Sarjana Teknologi Informasi,



Bernadus Anggo Seno Aji, S.Kom., M.Kom.
NIP. 239290009

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Ridwan Thoriq Brahmastyo Adi ,menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul PENERAPAN AQUAPONIC-RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (A-RAS) UNTUK BUDIDAYA LELE BERBASIS IOT beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya,

Surabaya, 31 Juli 2024

Yang Menyatakan



Ridwan Thoriq Brahmastyo Adi

PENERAPAN AQUAPONIC-RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (A-RAS) UNTUK BUDIDAYA LELE BERBASIS IOT

Ridwan Thoriq Brahmastyo Adi¹, Helmy Widyantara², Muhammad Adib Kamali³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Surabaya

¹ridwanthoriq@students.telkomuniversity.ac.id, ²helmywidyantara@telkomuniversity.ac.id,

³Adibkamali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi Aquaponics-Recirculation Aquaculture System (A-RAS) menggabungkan prinsip resirkulasi antara akuakultur dan hidroponik. Dengan A RAS, air yang menjadi aspek utama dalam keberhasilan akuaponik dapat terjaga secara optimal. Penelitian ini mengkombinasikan peternakan lele dan tumbuhan hidroponik. Mengingat bahwa kotoran ikan lele dan sisa makanan dapat mencemari air dengan kadar amonia yang tinggi, maka diperlukan suatu sistem filtrasi yang dapat mengonversi amonia (NH₃) dan nitrit (NO₂⁻) menjadi nitrat (NO₃⁻), senyawa nitrogen yang berguna sebagai nutrisi tumbuhan. Setelah air menjadi bersih dan mempunyai kadar oksigen yang tinggi, air tersebut dialirkan kembali ke kolam ikan lele. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem cerdas dalam budidaya akuaponik dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT), dengan menerapkan metode thresholding pada sistem IoT akuaponik, memungkinkan mendapatkan data real-time yang akurat terhadap pH dan kadar gas amonia pada air. Dalam situasi di mana sensor mendeteksi anomali, sistem merespons dan mengambil tindakan otomatis berupa injeksi cairan penetral yang menjaga kadar optimal bagi air, yaitu kisaran pH 5,5 – 9,5

Kata kunci : internet of things (IoT), aquaponics-recirculation aquaculture system (A-RAS)

Abstract

Aquaponics-Recirculation Aquaculture System (A-RAS) technology combines the principles of recirculation between aquaculture and hydroponics. With A RAS, water, which is the main aspect in the success of aquaponics, can be maintained optimally. This research combines catfish farming and hydroponic plants. Considering that catfish waste and food waste can pollute water with high levels of ammonia, a filtration system is needed that can convert ammonia (NH₃) and nitrite (NO₂⁻) into nitrate (NO₃⁻), a nitrogen compound that is useful as plant nutrition. Once the water is clean and has high oxygen levels, the water is channeled back to the catfish pond. This research aims to develop an intelligent system for aquaponic cultivation by utilizing Internet of Things (IoT) technology, by applying the thresholding method to the aquaponic IoT system, making it possible to obtain accurate real-time data on pH and ammonia gas levels in water. In situations where the sensors detect anomalies, the system responds quickly and takes automatic action in the form of neutralizing fluid injection that protect water quality, which have pH of 5,5 – 9,5.

Keywords: internet of things (IoT), aquaponics-recirculation aquaculture system (A-RAS)

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada sebuah lahan terdapat 2 sistem budidaya yang berdiri sendiri, yakni hidroponik dan *aquaculture*. Sistem yang terpisah ini menyebabkan pemborosan air, karena tiap sistem memerlukan resirkulasinya tersendiri. Adapun pemborosan nutrisi yang terdapat pada limbah ikan, seperti amonia (NH_3) yang bisa bermanfaat bagi tumbuhan jika di nitrifikasi menjadi nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-) [1]. Untuk mengatasi masalah tersebut tercetuslah ide untuk menggabungkan 2 sistem tersebut menjadi 1 sistem bernama Akuaponik. Akuaponik adalah penggabungan antara akuakultur dan hidropnik yang bersifat simbiotik. Selain menghemat penggunaan lahan dan air, juga meningkatkan efisiensi usaha melalui pemanfaatan hara dari sisa pakan dan metabolisme ikan untuk tanaman air [2, 3]. Akuaponik memiliki parameter penting yang harus dijaga, seperti pH dan kadar amonia[4]. Aquaponic-Recirculating Aquaculture System (A-RAS) merupakan teknologi penggabungan antara resirkulasi dalam sistem akuakultur dan hidroponik. Dengan sistem ini, air kolam yang telah mengalami penurunan kualitas akibat limbah dari ikan dapat digunakan kembali. Dengan tanaman sebagai fitoremediator dan filter mekanikal membantu proses filtrasi. Tujuannya adalah membentuk lingkungan dengan kadar pH yang wajar bagi air, yakni berkisar antara 5,5 – 9,5 dan kadar ammonia 0,25 – 1,5l [6]. Dengan adanya fluktuasi pH alami, dibutuhkan sebuah sistem otomatis yang dapat mendeteksi anomali dan mengambil tindakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem cerdas dalam budidaya akuaponik dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Teknologi IoT yang diterapkan antara lain sensor MQ135 sebagai sensor amonia dan sensor pH untuk mengukur kadar pH air. Dengan menerapkan metode thresholding pada sistem IoT akuaponik, memungkinkan mendapatkan data real-time dari pH dan kadar gas amonia pada air. Ketika sensor mendeteksi anomali pada pH, sistem akan melakukan aksi secara otomatis seperti injeksi cairan asam/basa untuk menstabilkan kadar pH.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, rumusan masalahnya ialah bagaimana meningkatkan efisiensi budidaya dengan meminimalisir penggunaan air. Menciptakan lingkungan yang optimal untuk budidaya, dengan mengatasi fluktuasi pH alami yang terjadi.

1.3 Tujuan

Mengintegrasikan akuaponik dan akuakultur menjadi satu kesatuan (A-RAS) untuk mengurangi pemborosan sumber daya. Merancang sistem otomasi dengan thresholding sebagai metode pengambil keputusan dan monitoring untuk menyeimbangkan kandungan pH pada air agar tercipta kondisi yang optimal.

1.4 Batasan Masalah

- Penelitian dilakukan di rooftop kampus Telkom University Surabaya
- Jenis ikan yang digunakan adalah Lele Dumbo
- Acuan kualitas air adalah pH dan amonia
- Luas Kolam Lele adalah 60x30x30cm dengan 2 ekor lele

2. Studi Terkait

Penelitian pertama membahas tentang perancangan alat kontrol kadar amonia dan pH. Alat ini bekerja dengan metode ambang batas, saat amonia tidak sesuai akan menyalakan pompa air, sedangkan saat pH tidak stabil akan menambahkan air pada kolam [6].

Penelitian kedua membahas monitoring akuaponik dengan Arduino Mega, sensor pH, oksigen terlarut, kekeruhan, amonia, ultrasonic, dan suhu. Dengan menggunakan sistem inferensi fuzzy untuk mengatur kecepatan sirkulasi air kolam dan fitur pemberian pakan otomatis. Penelitian ini menghasilkan akurasi 83,33% untuk pengambilan keputusan dan 90,97% untuk ketepatan pemberian pakan[7].

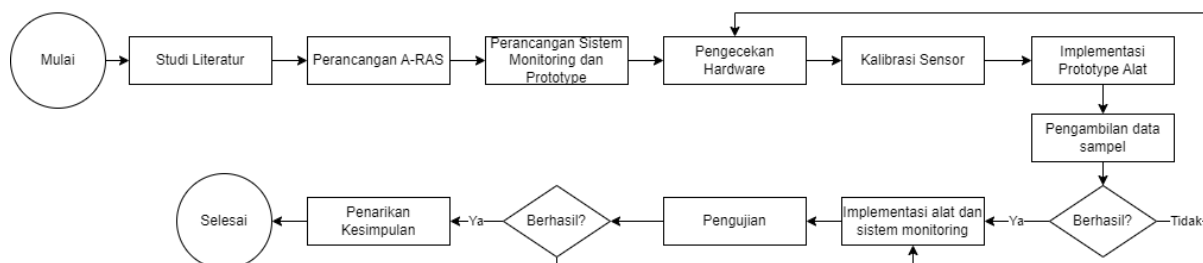
Penelitian ketiga membahas tentang teknologi Aquaponic Recirculating Aquaculture System (A-RAS). Menggabungkan resirkulasi akuakultur dengan hidroponik. A-RAS dapat meningkatkan kapasitas dan kualitas panen lele. [5].

Penelitian keempat membahas tentang sistem pemantauan kadar pH dan suhu kolam untuk budidaya udang vanamane menggunakan aplikasi blynk berbasis nodemcu esp8266. Parameter yang digunakan adalah pH dan suhu air, dan monitoring menggunakan blynk. Belum terdapat otomasi dan database yang dapat menyimpan data demi kebutuhan analisis. [9].

Penelitian kelima membahas tentang smart aquaponic dengan metode simple additive weighting (SAW). Metode ini untuk menentukan penjumlahan terbobot dari rangking kinerja pada setiap alternatif di dalam semua atribut, tahapannya adalah menentukan kriteria, alternatif, pembuatan matriks data kriteria dan alternatif, normalisasi matriks, dan perangkingan hasil normalisasi. Dengan menggunakan sensor pH dan suhu air yang di integrasikan dengan thingspeak server [10].

3. Sistem yang Dibangun

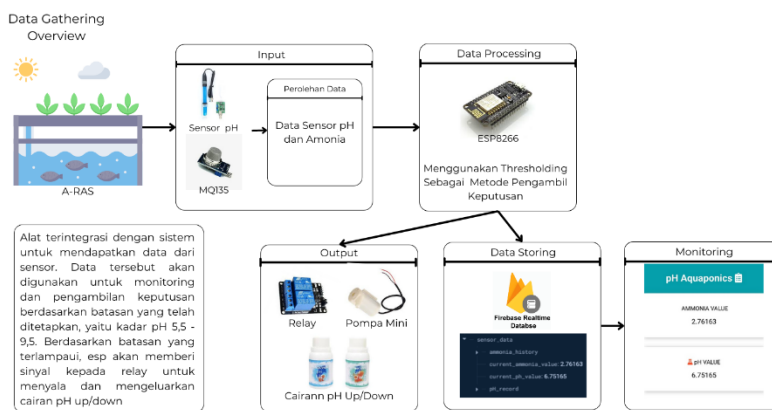
3.1 Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

Proses diawali dengan studi literatur yang dilakukan dengan membaca jurnal dan artikel terkait dengan budidaya akuaponik, akuakultur, dan IoT. Setelah melakukan studi literatur dapat disimpulkan bahwa A-RAS adalah metode yang cukup efektif untuk 2 budidaya tersebut. Setelah itu melakukan perancangan sistem monitoring serta prototype alat, dengan menentukan alat dan bahan yang akan digunakan, lalu melakukan pengecekan hardware dan melakukan kalibrasi sensor serta mengimplementasikannya. Setelah prototype selesai, melakukan pengambilan data sampel untuk menyesuaikan data yang diperoleh dengan data yang diharapkan. Jika gagal ulangi langkah pengecekan hardware karena kemungkinan gagal bisa karena kesalahan hardware. Jika berhasil, lakukan implementasi alat dengan kontrol berbasis *thresholding* ambang batas serta pengimplementasian sistem monitoring *real time* berbasis website. Setelah semua menjadi kesatuan dilakukan pengujian untuk memastikan kinerja sistem.

3.2 Diagram Alur



Gambar 3.2 Diagram Alur

Sistem diawali dengan peralatan yang terletak pada kolam, sensor pH dan amonia akan mengambil data dari air hasil resirkulasi untuk ditampilkan setiap 5 detik, dan akan tersimpan pada menit ke 5. Selanjutnya data akan diolah oleh esp8266 untuk melakukan pengambilan keputusan berdasarkan metode ambang batas yang telah ditetapkan tiap 5 menit. Disaat bersamaan data akan dikirim ke firebase untuk melakukan monitoring kadar pH dan amonia melalui web. Setelah hasil keputusan keluar, relay akan menyala selama 1 detik untuk menyalurkan cairan penetral tergantung dari anomali yang terdeteksi pada air.

3.3 Perancangan Sistem

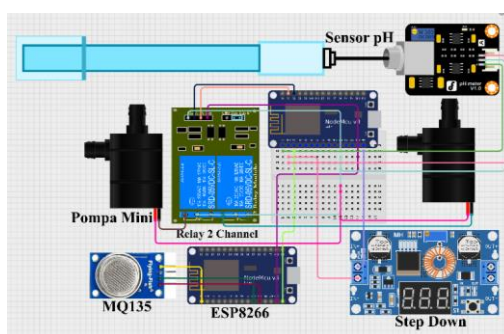
3.3.1 Perancangan A-RAS



Gambar 3.3 A-RAS

Aquaponic-Recirculating Aquaculture System (A-RAS) merupakan teknologi penggabungan antara resirkulasi dalam sistem akuakultur dan hidroponik. Dengan sistem ini, air kolam yang telah mengalami penurunan kualitas akibat limbah dari ikan dapat digunakan kembali. Dengan tanaman sebagai fitoremediator dan filter mekanikal membantu proses filtrasi.

3.3.2 Perancangan Prototype Alat



Gambar 3.4 Perancangan Prototype

ESP8266 digunakan untuk menjadi pusat kendali yang menerima dan mengirimkan data pH dan Ammonia ke firebase, dan data akan ditampilkan pada website secara *real time*. Thresholding digunakan sebagai metode pengambil keputusan dengan tetapan kadar pH 5.5-9.5, jika lebih dari nilai yang telah ditetapkan, relay akan menyala. Relay akan mengeluarkan cairan pH up/down melalui pompa mini selama 1 detik, tergantung kondisi yang terpenuhi

3.3.2 Implementasi Prototype

3.3.2.1 Kalibrasi Sensor pH air

Kalibrasi sensor pH dilakukan dengan cara menyiapkan 2 cairan pH buffer, yaitu 9.14 dan 4.02. Setelah itu mengatur tegangan modul sensor pH dengan cara memutar potensiometer menjadi 2.9v. Nilai tegangan dapat diperoleh menggunakan volt meter/ kode pada arduino IDE. Nilai 2.9v ini adalah nilai untuk pH 7 nantinya, selanjutnya sensor dimasukkan ke cairan pH buffer 9.14 dan 4.02, akan terdapat perubahan nilai tegangan untuk setiap pH buffer. Maka nilai tegangan itu nanti yang akan mewakili nilai cairan pH tersebut. Selengkapny terdapat pada lampiran.

```
int nilai_analog_PH = analogRead(ph_Pin);
TeganganPh = 3.3 / 1024.0 * nilai_analog_PH;
PH_step = (PH4 - PH7) / 3;
Po = 7.00 + ((PH7 - TeganganPh) / PH_step);
```

Gambar 3.5 Rumus menghitung pH

3.3.2.2 Kalibrasi Sensor MQ135

Sensor MQ135 dapat dikalibrasi dengan cara sensor dinyalakan dahulu selama ± 24 jam, lalu menghitung nilai Ro (tahanan sensor pada udara bersih) dari udara bersih sekitar, setelah Ro ditemukan kita masuk ke rumus untuk mencari Rs (resistensi sensor), pada saat udara bersih rasionya adalah 1.18 sehingga rumus nilai Rs adalah

$$Rs = \left(\frac{Vc}{VRL} - 1 \right) \times RL$$

Nilai Vc adalah tegangan input MQ135 dan RL adalah nilai tahanan yang ada pada MQ135, yaitu 10K. VRL adalah nilai tegangan tahanan RL. Setelah nilai Rs ditemukan, hitung nilai Ro dengan rumus

$$Ro = \left(\frac{Rs}{3,6} \right)$$

Lalu masukkan rumus Rs dan Ro ke Arduino IDE

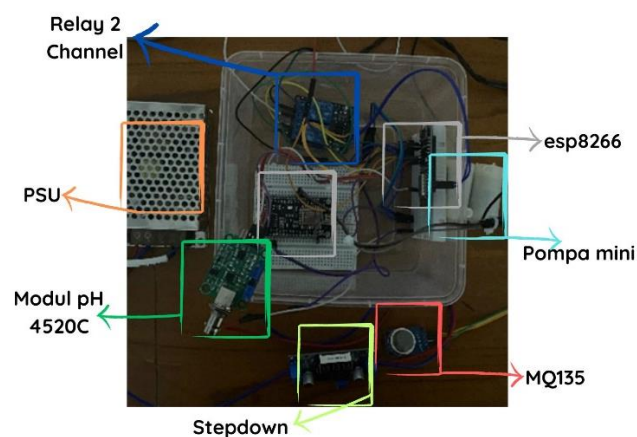
```
VRL = analogRead(MQ_sensor) * (3.3 / 1024.0); // Konversi nilai analog ke tegangan
RS = (3.3 / VRL - 1) * RL; // Menghitung nilai resistansi sensor (RS)
ratio = RS / Ro; // Menghitung nilai rasio
float ppm = pow(10, ((log10(ratio) - b) / m)); // Menghitung nilai PPM
currentAmmonia = ppm; // Setel nilai current ammonia
```

Gambar 3.6 Rumus menghitung ppm

4. Evaluasi

4.1 Implementasi Sistem

Implementasi Sistem terdiri dari A-RAS dan Kotak Hardware. Dengan rincian, kolam yang digunakan berdiameter 60x30x30cm dengan 2 ekor ikan, filter mekanis, hidroponik dengan 10 netpot dan kotak hardware yang berisi ESP8266, Relay 2 channel, modul pH4520C, dan breadboard. ESP8266 berfungsi sebagai pusat kendali pengambilan keputusan dengan menerapkan metode thresholding, yang nantinya jika kondisi terpenuhi akan memberi perintah pada relay untuk menyalakan pompa pH up/down selama 1 detik. Diluar kotak terdapat sensor pH 4520C, MQ135 dan 2 botol berisi pompa air mini dengan cairan pH up/down.



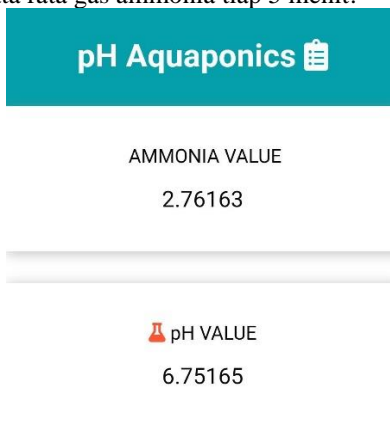
Gambar 4.1 Kotak Hardware



Gambar 4.2 Realisasi Sistem

4.2 Pengujian Sistem

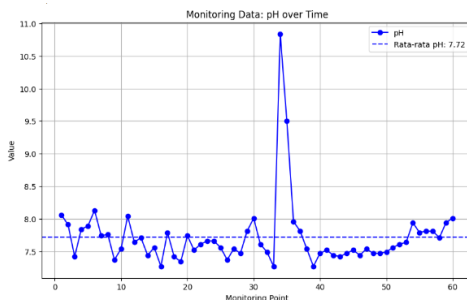
Pengujian sistem dilaksanakan dengan melakukan evaluasi pada keseluruhan sistem. Diawali dengan A-RAS, sudahkah berjalan sesuai dengan keinginan, mulai dari air tersedot hingga kembali ke kolam. Selanjutnya alat, sudahkah sensor membaca data sesuai dengan yang diharapkan, jika sudah sesuai apakah data berhasil terkirim ke website monitoring. Selanjutnya otomasi, setelah menetapkan aturan pada metode ambang batas, apakah aktuator akan melakukan aksi dengan benar. terakhir, pengambilan data, data akan dikirim setiap 5 detik kepada website monitoring, dan akan disimpan pada database tiap 5 menit, dengan 2 tabel, yaitu kadar pH saat itu dan rata rata gas ammonia tiap 5 menit.



Gambar 4.3 Web Monitoring

4.3 Analisis Hasil Pengujian

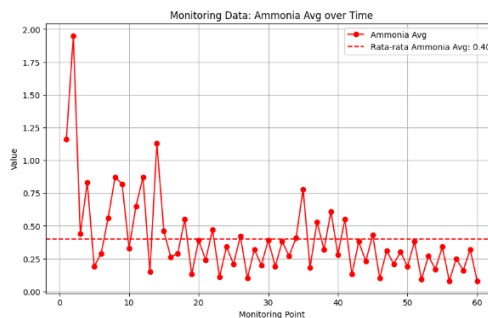
4.1.1 Sensor pH Air



Gambar 4.4 Data sssensor pH

Dengan pengujian sebanyak 60 kali diperoleh data sensor pH air seperti pada gambar 4.4 data diperoleh dari nilai aktual pH air tiap 5 menit. Ditemukan data terendah 7.27 dan tertinggi 10.84. Lonjakan nilai pH terjadi setelah terjadi 2x proses pemberian pakan.

4.3.2 Sensor Gas Ammonia



Gambar 4.5 Data sensor MQ135

Dengan pengujian sebanyak 60 kali diperoleh data sensor gas ammonia seperti pada gambar 4.5 data diperoleh dari nilai rata-rata ammonia selama 5 menit. Ditemukan data terendah ada pada 0.08 dan tertinggi pada 1.95.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, penerapan Aquaponic Resirculating Aquaculture System (A-RAS) untuk budidaya lele dumbo berbasis IoT berhasil diterapkan dan mencapai target yang di harapkan. Penelitian ini berhasil menerapkan A-RAS untuk integrasi 2 sistem budidaya menjadi 1 dan menghemat penggunaan air yang sebelumnya menggunakan 2 sumber air terpisah sekarang hanya 1. Sistem mampu mengatasi flutuasi pH alami yang terjadi pada kolam dan menjaga rentang optimal pH yang berkisar antara 5.5-9.5. A-RAS berhasil melakukan resirkulasi air dengan benar serta mampu menjaga kadar amonia pada air yang berkisar 0,25-1,5. Sistem mampu melakukan monitoring secara *real time* melalui firebase web app, serta aktuator menyala sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan pada metode *thresholding*.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan arduino sebagai mikrokontroller karena mempunyai lebih banyak pin analog yang dibutuhkan oleh sistem ini. Untuk meningkatkan akurasi sensor bisa menggunakan sensor pH yang lebih bagus seperti milik dfrobot, sedangkan amonia bisa menggunakan sensor oksigen terlarut untuk meningkatkan akurasinya.

Daftar Pustaka

- [1] “2 Manajemen Kualitas Air untuk Budidaya Udang.”
- [2] I. Putra et al., “Budidaya Kangkung dan Ikan Lele Dengan Sistem Aquaponik di Kelurahan Tobekgodang,” *Dirkantara Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 71–76, Jul. 2023, doi: 10.55837/di.v1i2.50.Gg
- [3] S. W. Wibowo, “Pemanfaatan Kolam Ikan Untuk Budidaya Tanaman Dengan Aquaponik,” *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 5, no. 4, Aug. 2021, doi: 10.31849/dinamisia.v5i4.7161.
- [4] A. Berbasis and I. Skripsi, “Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar pH, Suhu, dan Amonia.”
- [5] Y. A. D. Susanti, Z. Pramudia, A. A. Amin, L. N. Salamah, A. T. Yanuar, and A. Kurniawan, “Peningkatan Produksi Pangan melalui Sistem Integrasi Teknologi Aquaponics-Recirculating Aquaculture System (A-RAS) pada Budidaya Ikan Lele di Desa Kaliuntu Kabupaten Tuban,” *Rekayasa*, vol. 14, no. 1, pp. 121–127, Apr. 2021, doi: 10.21107/rekayasa.v14i1.10254.
- [6] D. E. Talanta, “RANCANG BANGUN KONTROL KADAR AMONIA DAN PH AIR BERBASIS ARDUINO PADA BUDIDAYA IKAN,” *Otopro*, pp. 27–32, Nov. 2021, doi: 10.26740/otopro.v17n1.p27-32.
- [7] F. Rozie et al., “SISTEM AKUAPONIK UNTUK PETERNAKAN LELE DAN TANAMAN KANGKUNG HIDROPONIK BERBASIS IOT DAN SISTEM INFERENSI FUZZY,” vol. 8, no. 1, pp. 157–166, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184025.
- [8] Wijaya, W. D. P. (2023). *Sistem Pemantauan Suhu Dan pH Air Kolam Budidaya Udang Vaname Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasins Nodemcu Esp 8266*. 8266, 1–49.
- [9] A. A. Ubaidillah, “SMART AQUAPONIK INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW),” *Indexia*, vol. 4, no. 1, p. 59, Jun. 2022, doi: 10.30587/indexia.v4i1.2879.
- [10] A. Munandar, N. David Maria Veronika, D. Abdullah, and E. Sahputra, “Miniature Design of Liquid Filling Machine Automatically Using ESP32 Based IOT (Internet of Things) Perancangan Miniatur Mesin Pengisi Cairan Otomatis Menggunakan ESP32 Berbasis IOT (Internet of Things),” *JURNAL KOMITEK*, vol. 3, no. 1, pp. 69–78, doi: 10.53697/jkomitek.v3i1.
- [11] A. Berbasis and I. Skripsi, “Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar pH, Suhu, dan Amonia.”
- [12] S. Kusumastuti, S. Pengajar Jurusan Teknik Elektro, P. H. Negeri Semarang Jl Soedarto, and S. Tembalang Semarang, “RANCANG BANGUN SENSOR GESTURE SEBAGAI PENGGANTI SAKLAR PENGONTROL LAMPU TANPA SENTUHAN.”
- [13] G. A. Sirait, N. Yudistira, and A. Ridok, “Segmentasi Citra Makanan pada Tray Box menggunakan Metode Otsu Thresholding dengan Ruang Warna,” 2022. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>

Lampiran

Progress Pembuatan Alat



Kalibrasi sensor pH



Menghitung nilai tegangan yang diperoleh dari tiap pH buffer, nilai voltase yang diperoleh adalah :

- pH 7 = 2.79
- pH 9.18 = 2.89
- pH 4 = 4.32,

Lalu nilai tegangan akan dikonversi menjadi nilai pH

Hasil kalibrasi sensor menunjukkan :

Buffer 9.14 terbaca 9.75 , 4.20 terbaca 4.00, dan 6.85 terbaca 7.10

Maka akurasi alat diperoleh :

Nilai pH Buffer	Rata Rata Terbaca	Gap	Error
9.14	9.75	0.61	8,54%
4.20	4.00	0.2	2,8%

6.85	7.10	0.25	3,5%
Rata rata presentase error			4,9%

Struktur Database

