

# Rancang Bangun Alat Pengukuran Kadar Amonia Otomatis untuk Sistem Akuaponik

<sup>1</sup>Ali Sadiyoko, <sup>2</sup>Christian Fredy Naa, <sup>3</sup>Luciana Regina Primadanti

Center for Control, Automation and Systems Engineering (CeCASE)

Teknik Elektro, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

<sup>1</sup>alfa51@unpar.ac.id, <sup>2</sup>christian.fredy@unpar.ac.id, <sup>3</sup>6152001020@student.unpar.ac.id

## Article Info

### Keyword:

Ammonia  
Aquaponics  
Measurements

Copyright © 2025 -SNTE  
All rights reserved

## ABSTRACT

Abstrak—Amonia ( $\text{NH}_3$ ) menjadi salah satu unsur kimia penting pada budidaya akuaponik, sistem budidaya yang menggabungkan akuakultur (budidaya ikan) dan hidroponik (budidaya tanaman tanpa tanah, menggunakan air) dalam satu kesatuan yang saling menguntungkan. Amonia dalam akuaponik adalah senyawa yang perlu diperhatikan karena bisa berbahaya bagi ikan, namun juga merupakan nutrisi penting bagi tanaman (dalam bentuk amonium,  $\text{NH}_4^+$ ). Oleh karenanya, amonia yang dihasilkan dari kotoran ikan perlu dikelola dengan baik agar tidak mencapai kadar yang membahayakan. Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem pengukuran kadar amonia otomatis yang akan diterapkan pada kolam akuaponik di PT. Tanikota Agribudaya Edulestari (Tanikota) Bandung. Sistem dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ESP32, pompa *submersible*, pompa peristaltik, sensor level dan sensor warna TCS-34725. Purwarupa sistem kemudian diuji selama tiga hari, dengan membandingkan hasil antara pengukuran/ pembacaan oleh sistem dengan hasil pengukuran secara manual. Hasil pengujian menghasilkan data kadar amonia kolam berada pada batas wajar/ normal stabil dengan akurasi 100%. Dari data pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem dapat berfungsi secara baik dan efektif dan akurat.

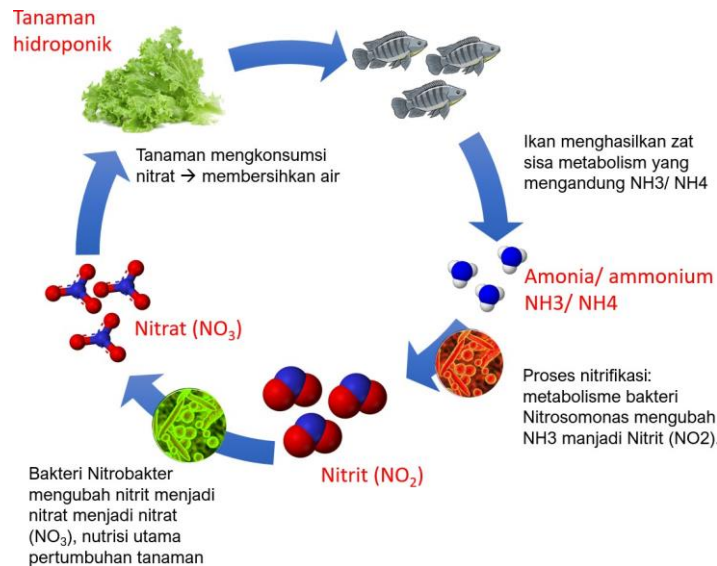
### Corresponding Author:

Ali Sadiyoko,  
Teknik Elektro, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung  
Jl. Ciumbuleuit no 94, Bandung.  
Email: alfa51@unpar.ac.id

## I. PENDAHULUAN

Akuaponik merupakan teknik budidaya yang melibatkan ikan dan tumbuhan dalam satu sistem dengan memanfaatkan pengeluaran zat sisa ikan sebagai nutrisi alami bagi tumbuhan. Akuaponik memiliki konsep siklus ekosistem dengan mengalirkan air yang sama secara berulang untuk mengembangkan baik ikan maupun tanaman. Siklus akuaponik mengikuti pola siklus nitrogen pada sistem pertanian konvensional (menggunakan tanah), namun lingkungannya menggunakan air yang mengalir dari bagian budidaya ikan ke bagian budidaya tanaman. Siklus ini diawali dengan zat sisa metabolisme yang dikeluarkan oleh ikan, dimana terkandung amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) di dalamnya. Amonia dan amonium ini kemudian diserap oleh bakteri Nitrosomonas untuk kemudian dioksidasi hingga menghasilkan unsur nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ). Proses selanjutnya diteruskan oleh bakteri Nitrobacter yang akan mengoksidasi unsur nitrit menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), yang merupakan unsur penting pertumbuhan tanaman. Unsur nitrat inilah yang dapat diserap oleh

tanaman untuk pertumbuhannya. Dengan diserapnya nitrat oleh tumbuhan, maka air yang mengalir dari bagian budidaya tumbuhan ini akan menjadi lebih bersih dari unsur nitrat dan kembali pada kolam penampungan ikan. Siklus nitrogen yang terjadi pada sistem akuaponik ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gbr. 1 Siklus Nitrogen yang terjadi pada ekosistem akuaponik

Karena sistem akuaponik ini bersifat tertutup, maka kadar amonia dan amonium yang terdapat pada air dapat membesar tak terkendali sehingga membahayakan bagi kehidupan ikan yang dipelihara pada sistem ini. Amonium tidak berbahaya bagi ikan, namun amonia sangat berbahaya bagi kehidupan ikan (bersifat toksik). Karena sifatnya yang toksik bagi ikan inilah maka kadar amonia yang terdapat pada air perlu dijaga konsentrasinya [2]. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui dan menjaga kadar amonia dalam air adalah dengan melakukan pengukuran kadar terlarutnya menggunakan test kit kadar amonia [3].



Gbr. 2 Sistem akuaponik di Tanikota, Bandung

Gambar 2 menunjukkan sistem akuaponik yang dimiliki oleh Tanikota, dimana penelitian ini dilakukan. Pada kolam budidaya akuaponik di Tanikota ini, proses pengukuran kadar amonia dilakukan sekali seminggu. Pengukuran dilakukan dengan mencampurkan reagen dengan sampel air kolam dan membandingkan warna hasil pengujian dengan intruksi yang terdapat pada kit. Sampel air yang sudah tercampur reagen memerlukan waktu selama kurang lebih 7 menit sampai mendapatkan hasil warna yang akurat. Selain itu, proses penuangan reagen ke dalam sampel air kolam juga perlu diperhatikan. Hal ini disebabkan oleh reagen yang bersifat korosif dan dapat menyebabkan iritasi pada kulit [4]. Karena proses pengukuran kadar amonia ini memerlukan waktu dan memungkinkan terjadinya iritasi kulit pada petugas

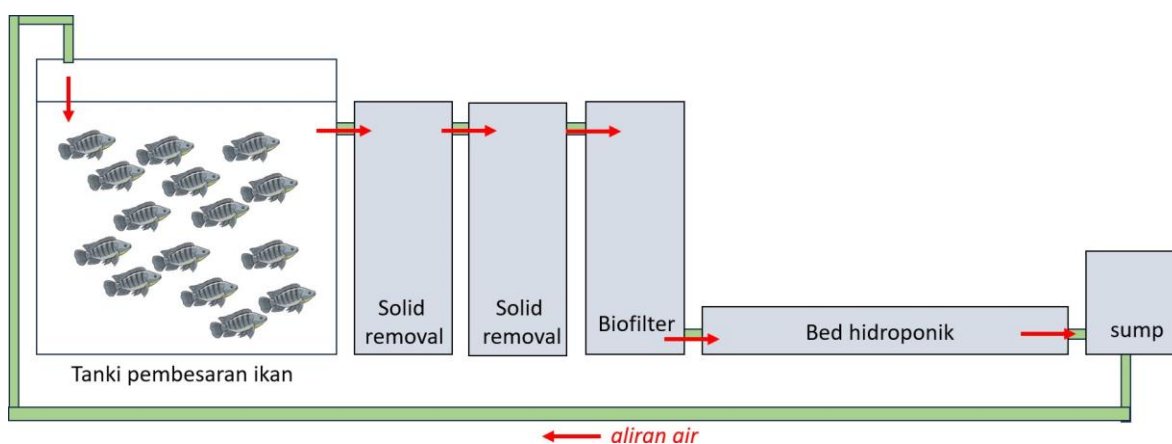
Tanikota, maka pada penelitian ini diusulkan untuk merancang sebuah alat yang dapat menguji kadar amonia dalam air kolam budidaya akuaponik di Tanikota secara otomatis. Alat ini dirancang untuk dapat mengambil sampel air kolam, serta mencampurkan reagen ke dalam sampel secara otomatis dan kemudian mengambil data warna hasil pengujiannya.

## II. SISTEM AKUAPONIK DAN PENGUKURAN AMONIA

Pada bagian II ini akan diuraikan tentang sistem akuaponik serta metode pengukuran kadar amonia yang selama ini dilakukan di Tanikota

### A. Sistem Akuaponik di Tanikota

Sistem akuaponik yang ada di Tanikota sendiri terbagi menjadi beberapa bagian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Bagian-bagian tersebut saling terhubung dan membentuk satu siklus sistem akuaponik. Susunan dari sistem akuaponik dapat berbeda pada setiap budidaya akuaponik. Namun, umumnya susunan dari budidaya akuaponik terdiri dari lima bagian, yaitu: *rearing tank* (tangi pembesaran ikan), *solid removal*, *biofilter*, *hidroponic bed* dan *sump*.



Gbr. 3 Struktur sistem akuaponik yang ada di Tanikota, Bandung

**Rearing tank** atau tangki pembesaran ikan merupakan tempat berlangsungnya tahap pertama dari siklus akuaponik [5]. Pada kolam pengembangan ini akan terdapat zat-zat sisa pembuangan yang dihasilkan oleh ikan. Zat-zat sisa pembuangan yang tercampur dengan air kolam kemudian akan diteruskan untuk dilakukan penyaringan. Proses penyaringan dilakukan pada bagian **solid removal**. Pada tahap ini akan terdapat penyaringan terhadap zat-zat sisa pembuangan metabolisme ikan yang berbentuk padat [5]. Di tahap ini diharapkan hasil penyaringan zat padat dapat dilakukan secara maksimal, sehingga pada tahapan selanjutnya hanya terdapat aliran air yang mengandung amonia. Untuk memaksimalkan proses ini, Tanikota melakukan proses *solid removal* di dua tangki berbeda. Hasil dari penumpukan sisa zat padat ini kemudian oleh Tanikota diambil untuk dijadikan pupuk bagi tanaman lain (selain tanaman di sistem hidroponik).

Bagian berikutnya adalah **biofilter**, dimana di dalamnya terdapat mikroorganisme (bakteri *nitrosomonas* dan *nitrobacter*) untuk mengurai amonia, menjadi nitrit, lalu menjadi nitrat yang lebih aman dan bermanfaat bagi tanaman. Setelah melalui **biofilter**, air sudah mengandung nutrisi (nitrit dan nitrat), sehingga bisa langsung masuk ke bagian **hydroponic bed**. **Hydroponic bed** adalah bagian dari sistem akuaponik ini yang berfungsi untuk meletakkan tanaman pada aliran air dengan kecepatan alir tertentu. Akar tanaman akan menyerap nutrisi dari air yang mengalir di **hydroponic bed** ini.

Bagian terakhir pada sistem akuaponik di Tanikota ini adalah **sump**. **Sump** atau bak penampungan merupakan lokasi terakhir dari tahapan sistem akuaponik. Setelah aliran air melewati penyaringan dan penyerapan nutrisi, sebagian besar cairan yang berada pada bak penampungan hanya akan berupa air. Air sisa penyaringan dan penyerapan nutrisi ini kemudian dipompakan kembali ke kolam pembesaran ikan [5].

Dari struktur dan bagian-bagian sistem akuaponik yang dimiliki oleh Tanikota ini, maka dapat ditentukan bahwa alat pengukur kadar amonia otomatis nantinya akan ditempatkan di dekat kolam pembesaran ikan (*rearing tank*).

*B. Metode Pengukuran Kadar Amonia*

Pada penelitian ini, digunakan *test kit* amonia yang dibuat oleh perusahaan "Monitor". *Test kit* ini memiliki dua jenis reagen (R-1 dan R-2), dimana R-1 digunakan untuk menguji kadar amonia sementara R-2 digunakan untuk menguji kadar amonium. Berturut-turut, kedua reagen memiliki berat 26 gr dan 19 gr. Berat awal kedua reagen ini harus diketahui di awal, agar proses penetesan reagen ke sampel air dapat tepat terukur. Gambar 4 di bawah ini menunjukkan test kit "Monitor" dan *color chart* yang digunakan pada rancangan penelitian ini.



Gbr. 4 Kit uji kadar amonia dan amonium serta *color chart* dari merek "Monitor"

Untuk mengukur kadar amonia menggunakan test kit "Monitor", berikut langkah-langkah yang harus dilakukan:

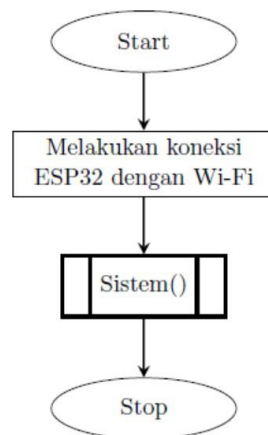
1. Bilas wadah uji (tabung reaksi) beberapa kali menggunakan air yang akan diuji (air sampel), lalu isi wadah dengan 5 ml air sampel.
2. Tambahkan 4 tetes R-1 ke dalam wadah dan aduk hingga tercampur.
3. Tambahkan 4 tetes R-2 dan aduk kembali.
4. Tunggu selama 3 menit agar warna larutan berkembang.
5. Setelah 3 menit, bandingkan warna larutan dengan grafik warna (*color chart*) yang tersedia dalam kit untuk menentukan tingkat kadar amonia.

Rancangan alat pengukur kadar amonia otomatis akan meniru langkah-langkah pengukuran di atas, yang akan diuraikan lebih lanjut di Bagian III.

III. RANCANGAN SISTEM

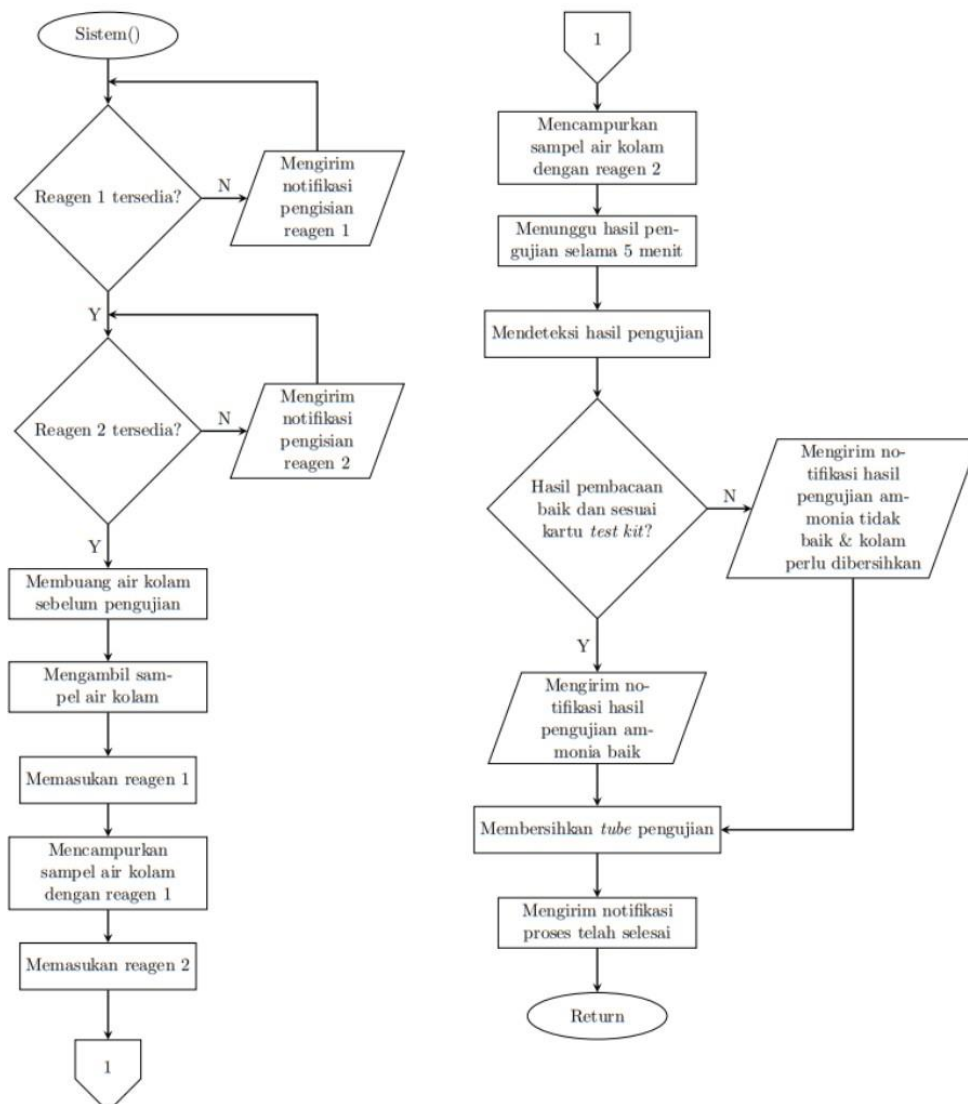
*A. Proses dan Aliran Kerja Sistem*

Untuk mempermudah proses pemrograman, sistem kerja alat ukur kadar amonia otomatis ini dikelompokkan menjadi dua subsistem, yaitu: subsistem aktivasi proses pengukuran dan subsistem pengukuran amonia sendiri. *Flowchart* subsistem aktivasi proses menggambarkan keseluruhan sistem dari awal sistem dijalankan hingga selesai, sedangkan *flowchart* subsistem pengukuran menggambarkan bagaimana proses pengukuran kadar amonia dilakukan. Sistem aktivasi proses ini akan mengaktifkan alat sesuai waktu yang dibutuhkan. Komponen untuk melakukan aktivasi sistem adalah dengan menggunakan *digital timer*, yang diset untuk aktif setiap hari Senin, dari jam 10.00 - 13.00 WIB. Proses utama yang dilakukan pada subsistem aktivasi ini adalah menghubungkan mikrokontroler ESP32 ke jaringan internet di Tanikota menggunakan Wi-Fi. *Flowchart* subsistem aktivasi proses digambarkan pada Gambar 5 di halaman berikut.



Gbr. 5 Flowchart subsistem aktivasi alat ukur kadar amonia otomatis

Untuk subsistem pengukuran kadar amonia dapat dilihat pada Gambar 6. Proses pengujian diawali dengan pemeriksaan ketersediaan reagen dalam wadahnya. Proses pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan proses pengujian akan berlangsung tanpa gangguan.



Gbr. 6 Flowchart subsistem pengukuran kadar amonia

Jika ternyata jumlah reagen dalam wadah tidak cukup (kosong), maka akan sistem akan mengirim notifikasi untuk segera melakukan pengisian reagen. Notifikasi akan terus terkirim setiap 5 menit, hingga sistem mendeteksi adanya pengisian reagen. Selanjutnya jika wadah reagen terisi, maka sistem akan mengaktifkan pompa untuk mengambil air kolam selama 1 detik. Air tersebut kemudian dibuang dengan menggerakkan servo sebesar  $180^{\circ}$  dan menggerakkan kembali ke posisi semula. Hal ini dilakukan untuk memastikan tidak adanya air kolam sisa dari pengecekan sebelumnya pada selang. Setelah proses ini barulah pompa air kolam kembali diaktifkan untuk mengambil sampel air kolam sebanyak 5 mL. Proses dilanjutkan dengan mencampurkan R-1 menggunakan pompa peristaltik. Setelah R-1 masuk ke tabung uji, sistem akan menggoyangkan tabung uji untuk mencampur sampel air dan reagen. Proses ini dilakukan dengan mengaktifkan motor servo yang terhubung ke tabung uji. Proses serupa dilakukan saat mencampurkan R-2 dengan sampel air yang sebelumnya telah dicampur dengan R-1. Setelah kedua reagen dicampurkan dengan sampel air, maka tabung uji dibiarkan selama 5 menit. Hal ini dilakukan untuk menunggu larutan uji stabil terlebih dahulu sebelum dilakukan proses identifikasi warna.

Untuk memeriksa warna hasil uji, digunakan sensor warna (TCS-34725) untuk mendapatkan nilai RGB dari warna yang diperoleh. Apabila hasil pembacaan berada pada batas aman, maka akan terdapat notifikasi bahwa hasil pengujian baik. Namun, apabila hasil pengujian tidak sesuai akan terdapat notifikasi mengenai hasil pengujian yang tidak baik dan kolam perlu dibersihkan. Notifikasi ini akan dikirimkan beserta dengan nilai RGB yang diperoleh dari hasil deteksi sensor warna. Seluruh pengiriman notifikasi dilakukan dengan komunikasi HTTPS antara ESP32 dengan *server* aplikasi Telegram, yang kemudian notifikasi akan ditampilkan pada aplikasi Telegram. Setelah notifikasi hasil pengujian dikirimkan, sistem akan menggerakkan servo  $180^{\circ}$ , mengaktifkan pompa air bersih untuk membersihkan tabung uji, dan mengembalikan tabung ke posisi semula ( $0^{\circ}$ ). Sistem kemudian akan mengirimkan notifikasi bahwa proses pengujian sudah selesai. Hal ini dilakukan untuk memastikan seluruh sistem sudah berjalan dan tidak adanya proses yang terlewatkan, terutama setelah notifikasi hasil pengujian dikirimkan. Sehingga apabila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan, seperti pemadaman listrik, kerja alat tetap dapat terpantau apakah seluruh urutan proses pengujian sudah dijalankan atau belum. Setelah proses pada subsistem ini dijalankan, maka sistem akan kembali ke program utama dan proses pengujian selesai.

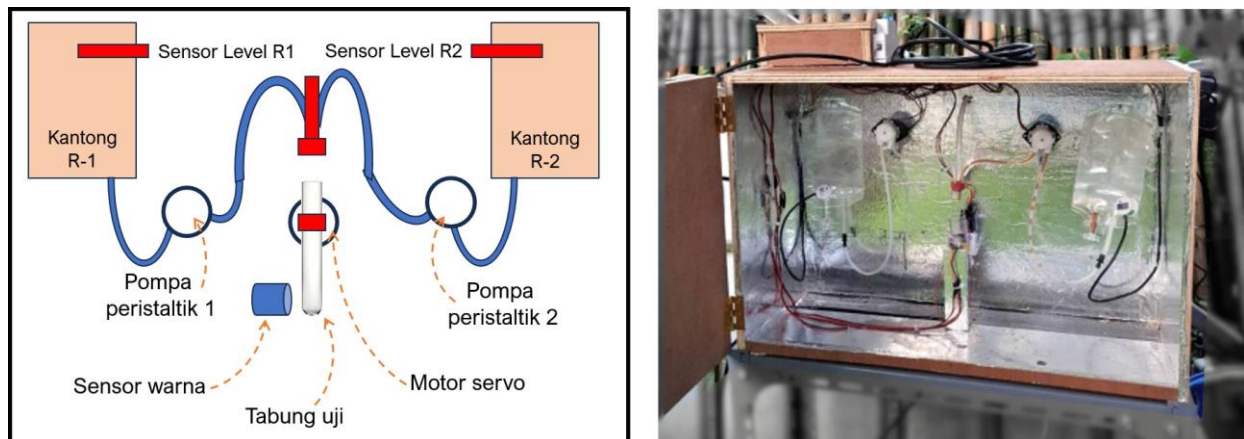
### *B. Rancangan Perangkat Keras*

Sistem alat ukur kadar amonia ini didesain dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mudah didapat di pasaran. Sementara untuk komponen sensor dan aktuator, digunakan sensor warna, sensor level, pompa peristaltik, pompa submersible dan motor servo. Semua komponen ditempatkan pada sebuah kotak yang diletakkan di sisi kolam agar proses pengambilan sampel air kolam dapat mudah dilakukan. Di dalam kotak tersebut akan terdapat beberapa komponen penyusun yang akan mendukung jalannya pengujian, seperti:

1. *Non-contact liquid level sensor* atau *sensor level* yang digunakan untuk mengetahui ketersediaan reagen dalam kantung,
2. Pompa peristaltik yang digunakan untuk memompa reagen dengan durasi tertentu dari kantung reagen menuju ke tabung uji,
3. Sensor warna TCS-34725 yang akan digunakan untuk mendeteksi warna serta nilai RGB dari air hasil pengujian amonia kolam.

Kotak tempat meletakkan komponen dibuat dengan seluruh sisinya tertutup. Hal ini untuk menghindari reagen terpapar sinar matahari serta untuk memaksimalkan kerja sensor warna pada saat mendeteksi hasil pengujian tes amonia.

Selain itu, terdapat juga komponen yang diletakkan pada luar kotak. Kedua komponen tersebut, yaitu dua buah pompa yang ditempatkan pada kolam pembesaran ikan (*rearing tank*) dan wadah air bersih. Pompa yang ditempatkan pada kolam ini bertujuan untuk memompa sampel air kolam ikan yang akan diuji kadar amonianya. Pompa kedua, yaitu pompa yang ditempatkan pada wadah air bersih berfungsi untuk memompa air untuk mencuci tabung pada saat proses pengujian. Rancangan perangkat keras sistem alat ukur kadar amonia ini dapat dilihat di Gambar 7 pada halaman berikutnya.









Gbr. 7 Rancangan peletakan komponen perangkat keras alat ukur kadar amonia

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Hasil rancangan purwarupa sistem yang telah dibuat kemudian diuji untuk mengetahui kinerja dari sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan di kolam akuaponik Tanikota selama tiga hari berturut-turut dengan pengambilan sampel sebanyak dua kali dalam satu hari (Jam 08.00 dan 15.00 WIB). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel I di bawah ini. Kadar amonia dapat dikatakan berada pada batas wajar/ normal apabila nilai RGB dari pembacaan sensor TCS-34725 menunjukkan hasil nilai warna merah yang lebih besar dibandingkan nilai pembacaan warna hijau ( $R > G$ ). Nilai RGB yang ditampilkan pada Tabel I di bawah merupakan hasil rata-rata dari 45 kali pembacaan sensor.

TABEL I  
HASIL PENGUJIAN SAMPEL SELAMA 3 HARI

Waktu	Hari 1	Hari 2	Hari 3
Pagi	 91, 71, 29, OK	 154, 136, 59, OK	 90, 81, 33, OK
Sore	 34, 33, 20, OK	 107, 91, 36, OK	 107, 93, 35, OK

Terlihat dari Tabel I, bahwa sistem mampu membaca nilai RGB dari warna larutan sampel dan mampu memberi kesimpulan bahwa kadar amonia yang terlarut pada air sampel tersebut masih berada pada batas normal untuk lingkungan akuaponik di kolam uji Tanikota.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian kinerja alat ukur kadar amonia mulai dari proses perancangan, pembuatan alat, pengujian alat, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian berhasil membuat alat uji kadar amonia otomatis untuk kolam akuaponik di Tanikota, dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, pompa submersible untuk mengambil sampel

- air kolam serta membersihkan tube, pompa peristaltik untuk pemberian reagen, dan sensor warna TCS-34725 untuk mendeteksi warna air sampel.
2. Kadar amonia dapat dikatakan berada pada batas wajar/ normal apabila nilai RGB dari pembacaan sensor TCS-34725 menunjukkan hasil nilai merah lebih besar dari nilai hijau ( $R > G$ ).
  3. Dari 6 kali uji sampel, seluruh kesimpulan dari pembacaan sistem menunjukkan hasil yang sama dengan uji manualnya.

Disamping simpulan di atas, beberapa saran juga diberikan untuk memperbaiki kinerja sistem ini, antara lain:

1. Kalibrasi sensor TCS34725 dapat dilakukan ulang untuk mendapatkan rentang nilai RGB yang lebih pasti agar sistem dapat mendeteksi kadar amonia secara lebih tepat.
2. Perlu adanya penetapan intensitas cahaya yang akan digunakan untuk memaksimalkan performa pendeteksian sensor TCS-34725.
3. Penambahan LCD pada kotak panel alat agar hasil pengujian dapat langsung ditampilkan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan untuk PT. Tanikota Agribudaya Edulestari (Tanikota) serta Laboratorium Perancangan Sistem Mekatronika, Kontrol dan Robotika Jurusan Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan yang telah memfasilitasi penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] S. Bernstein, *Aquaponic Gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. New Society Publishers, 2011.
- [2] R. Sallenave, *Important water quality parameters in aquaponics systems*. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, 2016.
- [3] T. M. Edwards, H. J. Puglis, D. B. Kent, J. L. Durán, L. M. Bradshaw, and A. M. Farag. *Ammonia and aquatic ecosystems—A review of global sources, biogeochemical cycling, and effects on fish*. *Science of The Total Environment* 907, 2024.
- [4] “Ammonia test kit,” <https://apifishcare.com/product/ammonia-test-kit>.
- [5] J. E. Rakocy, M. P. Masser, and T. M. Losordo, “Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture,” Oklahoma Cooperative Extension Service, Tech. Rep., 2016.