

Sistem Pemantauan dan Kendali *Aquaponic* Menggunakan Arduino Berbasis Web

Web Based Aquaponic Control and Monitoring System with Arduino

Irawan^{1*}, Joko Christian Chandra²

^{1,2}Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Budi Luhur

E-mail: ^{1*}irawan@budiluhur.ac.id, ²joko.christian@budiluhur.ac.id
(* corresponding author)

Abstract

Aquaponics is a sustainable farming system that combines fish and plant cultivation, requiring effective monitoring and control for optimal growth. This research aims to develop an Arduino-based web-accessible monitoring and control system for aquaponics, focusing on two sensors: an ultrasonic HC-SR04 sensor for water level and a pH sensor. Arduino serves as the main platform for collecting data from these sensors. The ultrasonic sensor measures water level, while the pH sensor monitors water acidity. The collected data is used to monitor environmental conditions and trigger necessary controls to maintain nutrient balance and water quality. The system includes a user-friendly web interface, allowing remote monitoring and control of the aquaponics system. Users can access water level, pH, and control using any internet-connected device. The research outcome is a functional prototype that demonstrates the integration of information technology in the agricultural sector. It serves as a potential template for scalable industrial development, contributing to sustainable agriculture.

Keywords: *Aquaponic, Arduino, PH Sensor, Ultrasonic Sensors*

Abstrak

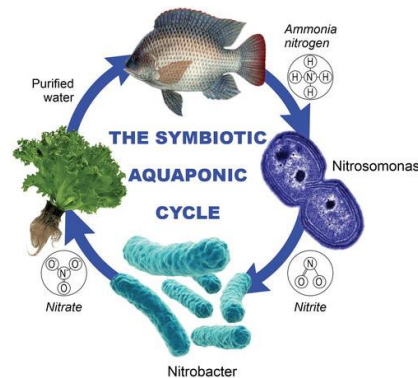
Aquaponic merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang mengintegrasikan budidaya ikan dan tanaman, dan memerlukan pemantauan dan kendali yang efektif untuk mencapai kondisi optimal bagi pertumbuhan ikan dan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan dan kendali *aquaponic* menggunakan Arduino dengan akses web, dengan fokus pada penggunaan dua sensor, yaitu sensor ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor pH air. Arduino digunakan sebagai platform utama untuk mengumpulkan data dari sensor ketinggian air dan sensor pH air. Ketinggian air dalam wadah budidaya diukur menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sementara sensor pH air digunakan untuk memantau tingkat keasaman air. Data dari kedua sensor ini digunakan untuk memantau kondisi lingkungan dan memicu kendali yang diperlukan untuk menjaga keseimbangan nutrisi dan kualitas air dalam sistem *aquaponic*. Sistem ini dilengkapi dengan akses web yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan sistem *aquaponic* secara jarak jauh melalui antarmuka web yang mudah digunakan. Pengguna dapat melihat ketinggian air, tingkat pH air, serta melakukan penyesuaian kendali yang diperlukan melalui perangkat apa pun yang terhubung ke internet. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah prototipe fungsional sebagai bentuk penerapan teknologi informasi dalam sektor pertanian. Prototipe dapat menjadi rujukan untuk pengembangan skala industri yang berkontribusi pada pengembangan pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: *Aquaponic, Arduino, Sensor PH, Sensor Ultrasonik*

1. PENDAHULUAN

Aquaponic adalah sistem pertanian berkelanjutan yang secara spesifik menggabungkan budidaya ikan (*aquaculture*) dan budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah (hidroponik), dan bakteri yang

menguntungkan dalam ikatan simbiosis mutualisme [1]. Sistem ini bersifat simbiotik, di mana limbah ikan menghasilkan amonia yang apabila diurai oleh bakteri menjadi sumber nutrisi bagi tanaman, sementara tanaman membersihkan dan menyaring air untuk ikan. *Aquaponic* juga dapat diartikan sebagai proses kultivasi ikan dan tanaman bersama secara terstruktur, dalam ekosistem yang resirkulasi, memanfaatkan bakteri untuk mengubah kotoran ikan menjadi nutrisi untuk tanaman [2]. Gambar 1 menunjukkan ilustrasi sistem *aquaponic*.



Gambar 1: Ilustrasi Sistem Aquaponic

Aquaponic memiliki potensi yang besar dalam pertanian modern karena menghasilkan produksi pangan yang lebih efisien. Dalam sistem ini, tidak ada kebutuhan untuk pupuk kimia karena nutrisi diperoleh dari limbah ikan. Selain itu, penggunaan air juga lebih hemat dibandingkan dengan pertanian konvensional. Penerapan bisa dilakukan dari skala kecil untuk rumah tangga hingga skala komersial. Ide untuk memberikan kemudahan implementasi *aquaponic* untuk skala kecil dikembangkan menggunakan Arduino sebagai platform utama untuk mengumpulkan data dan mengendalikan sistem *aquaponic*. Ide ini diperkuat berdasarkan hasil studi pustaka terhadap penelitian sejenis, yaitu *The Aquaponic Ecosystem Using IoT and IA Solutions* menggunakan pendekatan *Internet of Things* untuk mengontrol sub sistem hidroponik[6].

Arduino adalah *microcontroller* yang fleksibel dan dapat diprogram, memungkinkan pemantauan dan kendali yang efektif dalam sistem. Ketersediaan alat dan fleksibilitas pemrograman dari *microcontroller* ini dianggap tepat untuk pengembangan prototipe skala rumah tangga. Dalam sistem *aquaponic*, perkembangan ekosistem sangat dipengaruhi oleh derajat keasaman (potential of Hydrogen - pH). Nilai pH akan mempengaruhi daya serap nutrisi dan perkembangan makhluk hidup pada ekosistem. PH air normal untuk ekosistem *aquaponic* berkisar pada nilai 6-8. Penelitian ini menggunakan sensor pH untuk memantau tingkat keasaman air dan menjaga kondisi air yang tepat bagi pertumbuhan ikan dan tanaman. Sensor kedua adalah sensor ultrasonik untuk mengukur level ketinggian air pada kolam filter. Kedua sensor ini digabungkan dengan pompa air berfungsi untuk menjaga keseimbangan nutrisi dan kualitas air pada sistem *aquaponic*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan langkah-langkah pengembangan sistem yang baik dengan metodologi *waterfall* dan pengujian menggunakan metode *Black box*. Metodologi *waterfall* dipilih karena cocok untuk dengan riset ini yang memiliki kebutuhan jelas, proses terstruktur, dan *output* yang terukur. Manfaat dari penelitian ini adalah sebuah menghasilkan prototipe sistem *aquaponic* yang dapat menjadi rujukan untuk pengembangan sistem *aquaponic* skala kecil.

Sistem ini menggunakan Arduino UNO sebagai *microcontroller* utama, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air, sensor pH untuk mengukur derajat keasaman air, pompa air, dan komponen pendukung seperti *ethernet shield* untuk konektivitas dan relai untuk daya pompa.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metodologi *Waterfall*

Metodologi *Waterfall* adalah model pengembangan perangkat lunak yang mengikuti pendekatan linier dan *sequential*. Model ini menggambarkan alur kerja yang terstruktur dengan tahapan yang jelas dan terpisah. Prosesnya meliputi pengumpulan dan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi,

pengujian, dan pemeliharaan. Pembagian siklus hidup ini memudahkan pemahaman dari struktur manajemen proyek[3]. Ilustrasi dari urutan pelaksanaan metodologi ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Ilustrasi Metodologi Waterfall

2.1.1. Pengumpulan dan Analisis Kebutuhan

Riset ini dilandasi dari kebutuhan sebuah sistem otonom yang secara otomatis melakukan pemantauan dan penyeimbangan pH air sistem *aquaponic* sederhana. Informasi pH air dan ketinggian air perlu disajikan kepada pengguna sistem. Juga diperlukan fungsi kontrol untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sistem oleh pengguna tanpa secara fisik berdekatan dengan sistem.

2.2. Perancangan

Berdasarkan kebutuhan yang telah dikumpulkan dan dianalisis, dirancanglah sebuah sistem pemantauan dan kontrol sistem *aquaponic* yang dapat diakses melalui web. Penyeimbangan pH air dilakukan dengan menyalakan pompa air untuk mencampur air yang memiliki pH netral ke kolam yang memiliki pH lebih rendah/tinggi. Mekanisme menyalakan dan mematikan sistem menggunakan perintah berbasis web yang sederhana berupa tombol “ON” dan “OFF”. Rancangan arsitektur sistem dibuat dalam diagram blok dan di detailkan dalam rangkaian keseluruhan. Digunakan dua akuarium, satu sebagai kolam *aquaponic* berisi ikan dan tanaman. Kolam lainnya berfungsi sebagai kolam penyaringan dengan bahan-bahan yang dapat membersihkan dan menetralkan kadar pH air. Sensor ketinggian air digunakan untuk mencegah meluapnya salah satu kolam saat air dipindahkan dari kolam *aquaponic* ke kolam penyaringan. Sebagai bahan studi literatur, beberapa publikasi dijadikan referensi:

1. Sistem Dispenser Saus Otomatis yang mengembangkan prototipe menggunakan Arduino dan sensor ultrasonik[4].
2. Sistem IoT untuk penyiraman tanaman yang mengembangkan prototipe menggunakan Arduino[5].

2.3. Implementasi

Pengembangan sistem dilakukan dengan mengembangkan algoritma kerja sistem, melakukan pemrograman sebagai manifestasi algoritma dalam bahasa pemrograman C, kemudian dipasang pada Arduino Uno. Langkah selanjutnya adalah melakukan perangkaian perangkat keras : Arduino Uno; *Ethernet shield*; Relai; sensor ultrasonik pada kolam penyaringan, sensor pH pada kolam *aquaponic*; pompa filter pada kolam ikan untuk mendorong air ke kolam penyaringan, pompa *drain* pada kolam penyaringan untuk mendorong air ke kolam *aquaponic*, dan instalasi fisik yang dibutuhkan.

2.4. Pengujian

Proses pengujian dilakukan untuk verifikasi bahwa fungsi yang direncanakan telah bekerja dengan baik. Metode pengujian di jelaskan pada bagian 3.4.

2.5. Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan untuk menjamin bahwa sistem tetap bekerja sesuai fungsinya dalam operasional sehari-hari. Bagian ini di luar dari cakupan karya ilmiah ini.

2.6. Metode Pengujian *Black box*

Metode *Black box* melakukan pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pengujian fungsionalitas tanpa memperhatikan struktur internal atau implementasi detail dari perangkat lunak yang diuji. Pendekatan ini menganggap perangkat lunak sebagai kotak hitam di mana hanya *input* dan *output* yang diamati. Pengujian ini mencakup beberapa teknik seperti pengujian fungsional, pengujian batas, pengujian kesalahan, pengujian kebutuhan pengguna, dan pengujian skenario. Teknik-teknik ini

melibatkan pengujian *input* dan pengamatan *output* perangkat lunak, serta membandingkannya dengan hasil yang diharapkan. Keuntungan pengujian *black box* adalah bahwa penguji tidak perlu memiliki pengetahuan teknis mendalam tentang perangkat lunak yang diuji. Hal ini memungkinkan penguji untuk menguji perangkat lunak dari perspektif pengguna akhir, membantu mengidentifikasi kesalahan, kegagalan, dan kekurangan fungsionalitas[7].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perangkat Keras

Berikut adalah penjelasan singkat dari komponen perangkat keras yang digunakan pada sistem ini.

1) Arduino Uno

Microcontroller Arduino UNO merupakan salah satu kit *microcontroller* yang berbasis pada Atmega328. Modul ini dilengkapi dengan 14 pin digital *input / output* [5]. Kit ini mudah digunakan karena mendukung pemrograman berbasis C dengan sumber daya DC *power supply* atau kabel USB ke PC.

2) Arduino *Ethernet shield*

Untuk memberikan konektivitas ke jaringan, sebuah Arduino *Ethernet shield* digunakan[8]. *Chip Wiznet W5100* digunakan sebagai *controller* pada *Ethernet shield*. *Chip* ini memiliki dukungan untuk komunikasi TCP dan UDP hingga empat *socket* koneksi secara simultan. *Ethernet shield* dihubungkan ke *microcontroller* Arduino melalui *header* yang diletakkan di atas *microcontroller* Arduino.

3) Relai

Relai adalah suatu perangkat listrik yang digunakan untuk mengendalikan aliran listrik dari satu sirkuit ke sirkuit lainnya. Fungsinya adalah untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik dengan menggunakan prinsip elektromagnetik. Relai biasanya digunakan dalam sistem kontrol otomatis, perlindungan listrik, dan aplikasi lain yang memerlukan pengendalian arus listrik.

4) Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah sensor jarak yang menggunakan gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak antara sensor dan objek di sekitarnya. Sensor ini terdiri dari sebuah pemancar ultrasonik yang menghasilkan gelombang suara ultrasonik dan sebuah penerima untuk mendeteksi gelombang yang dipantulkan kembali. Sensor ini akurat untuk jarak 2-4 meter[9].

5) Pompa Filter dan *Drain*

Pompa Filter adalah pompa air celup (direndam) dengan fungsi untuk memindahkan air dari kolam ikan ke kolam filter. Air pada kolam filter disaring dan menjaga air akuarium tetap bersih baik dari berbagai jenis kotoran yang bersifat padat atau terlarut. Pompa *Drain* adalah pompa air yang berfungsi memindahkan air dari kolam filter ke kolam ikan. Penggunaan kedua pompa ini akan mengurangi intensitas penggantian air, karena air yang sama dimurnikan.

6) Sensor pH

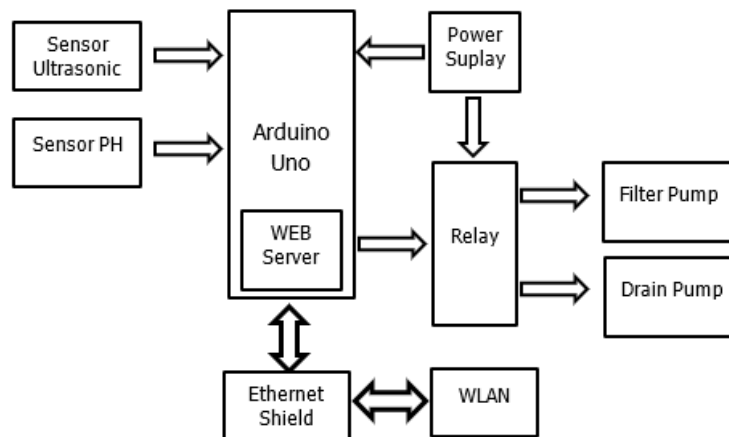
PH adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana suatu larutan bersifat asam, netral, atau basa. PH adalah salah satu indikator penting untuk menentukan kualitas air dalam sistem *aquaponic*[10]. Sensor pH adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan (pH) suatu larutan. Sensor pH umumnya terdiri dari elektroda khusus yang merespons perubahan konsentrasi ion hidrogen (H⁺) dalam larutan.

3.2. Rancangan Sistem

1) Diagram Blok

Perancangan dilaksanakan dengan mempertimbangkan setiap rangkaian secara berurutan, di mana setiap rangkaian memiliki perannya sendiri. Hubungan antara blok rangkaian yang satu dengan yang lain membentuk kesatuan yang saling terkait dan berhubungan, serta bersama-sama membentuk sebuah

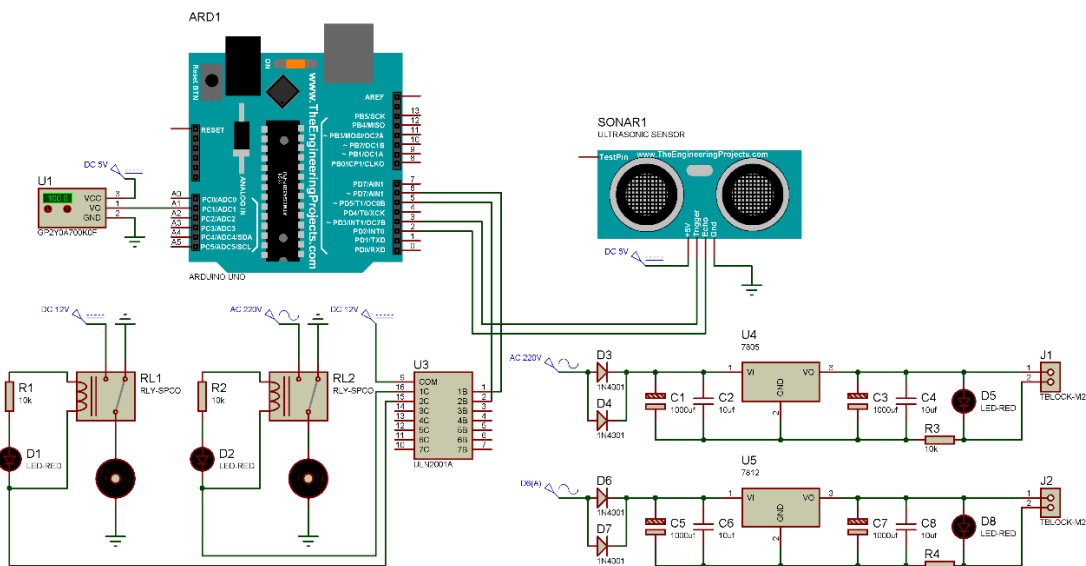
sistem yang saling mendukung kerjanya. Gambar 3 memperlihatkan secara lengkap diagram blok rangkaian tersebut.



Gambar 3: Diagram Blok

2) Rangkaian Keseluruhan

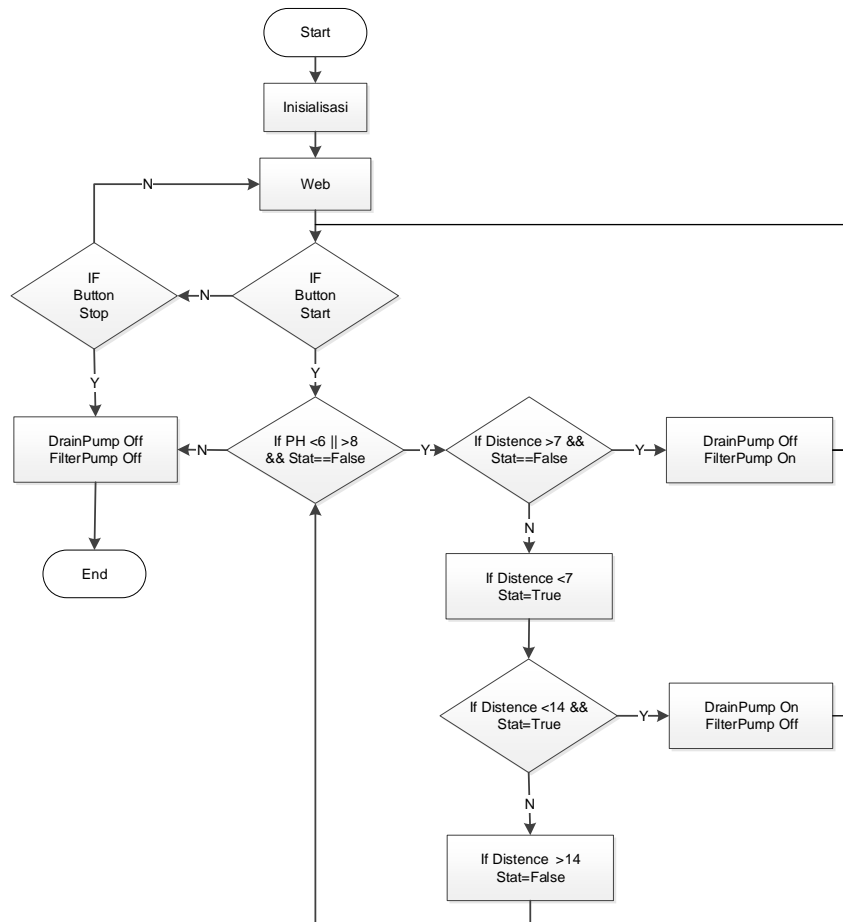
Keterkaitan seluruh sistem yang ada akan terlihat melalui rangkaian keseluruhan sistem ini, mulai dari *microcontroller* Arduino Uno sebagai pengendali kedua sensor *input*, dan pompa-pompa *output*. Rancangan rangkaian keseluruhan dari alat ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: Rangkaian Keseluruhan

3.3. Flowchart Kerja Sistem

Dalam mengilustrasikan urutan proses dalam pemantauan dan kendali sistem *aquaponic* menggunakan web berbasis Arduino, akan menggunakan *flowchart*. Pada Gambar 5 digambarkan *flowchart* untuk masing-masing proses.



Gambar 5: Flowchart Kerja Sistem

3.4. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan pada rangkaian ini untuk memverifikasi bahwa tegangan yang masuk ke *microcontroller* memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dengan benar.

1) Pengukuran Catu Daya

Rangkaian catu daya menjadi prioritas utama yang harus diperhatikan, mengingat bahwa catu daya adalah sumber daya untuk perangkat tersebut. Jika catu daya tidak berfungsi, maka perangkat juga tidak akan beroperasi. Pengukuran dilakukan ke seluruh rangkaian agar didapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Tegangan dan arus yang diperlukan untuk menjalankan perangkat tersebut adalah hasil yang terbaik dari empat kali percobaan masing-masing variabel. Pengukuran catu daya beberapa komponen ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Output Catu Daya

Pengukuran	Volt 5 Vdc	Volt 12 Vdc
1	4,9	11,9
2	4,8	11,8
3	4,9	11,8
4	4,9	11,9
5	4,9	11,9

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa V_{cc} yang diterima oleh *microcontroller* dipastikan aman untuk *microcontroller* yang akan digunakan. Hal ini digunakan untuk menjamin arus dan voltase yang diminta *microcontroller* selalu dapat terpenuhi.

2) Pengujian Rangkaian Minimum Sistem *Microcontroller*

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan tegangan yang digunakan untuk *microcontroller* sudah memenuhi persyaratan.

Hasil *output* tegangan dari rangkaian minimum sistem *microcontroller* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Minimum Sistem *Microcontroller*

Pengukuran	Catu Daya <i>Microcontroller</i> (Volt)
1	4,8
2	4,8
3	4,7
4	4,7
5	4,8

Dari Tabel 2 tersebut dapat disimpulkan bahwa tegangan VCC yang diterima oleh *microcontroller* Arduino Uno dipastikan aman untuk *microcontroller* yang digunakan.

3) Pengujian dan Analisa *Driver Motor*

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan *driver motor* yang terhubung dari *microcontroller* sudah memenuhi persyaratan seperti yang diharapkan. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran *Driver Motor*

No	Port Digital Arduino	Kondisi Relai	Tegangan Relai	Kondisi Motor
1	Set.port.5	Hidup	11,6	Berputar
	Reset.port.5	Mati	0	Berhenti
2	Set.port.6	Hidup	11,6	Berputar
	Reset.port.6	Mati	0	Berhenti

Program sederhana menggunakan Arduino IDE digunakan untuk menguji port 5 dan 6 pada *microcontroller*, jika rangkaian bekerja dengan benar maka motor akan berputar dengan normal.

Setiap motor memakai 1 buah relai, di mana jika satu relai yang digunakan dalam kondisi set (hidup) maka kondisi motor hidup. Jika relai dalam kondisi reset (mati) maka motor mati. Dalam fungsi otonom, kedua relai bekerja secara kebalikannya, jika pompa *Drain* port d.5 menyala, maka pompa Filter port d.6 akan mati. Kapasitor milar digunakan untuk meredam induksi listrik yang bisa mengakibatkan *microcontroller* reset.

4) Pengujian dan Analisa Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ini dilakukan untuk memastikan tegangan dan jarak sensor ketika mengenai sebuah objek sudah memenuhi persyaratan. Hasil pengujian tegangan dari rangkaian sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan Hasil pengujian pembacaan jarak sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Ultrasonik

Pengukuran	Tegangan Sensor Ultrasonik (Volt)
1	4,7
2	4,7
3	4,8
4	4,8
5	4,8

Tabel 5. Hasil Pengukuran Jarak Sensor Ultrasonik

No	Hasil Pengukuran Jarak Sensor	Keterangan
1	16 cm	Ketinggian Akuarium
2	7 cm	Batas Ketinggian Akuarium

5) Pengujian dan Analisa Sensor PH

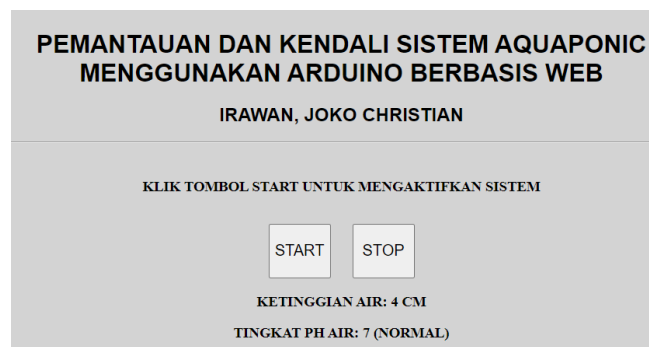
Berdasarkan hasil dari pengukuran sensor pH dapat dijelaskan ketika sensor PH bernilai 7 maka tegangannya akan stabil dan apabila sensor pH berada dalam nilai <7 (kurang dari 7) maka tegangan akan terus meningkat. Sebaliknya apabila sensor pH berada dalam nilai >7 (lebih besar dari 7) maka nilai tegangannya akan menurun. Hasil pengujian sensor pH dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor PH

Pengukuran	Tegangan (Volt)	Sensor pH
1	3,3	7,77
2	3,5	7,40
3	3,8	6,68
4	4,2	5,48
5	4,7	4,58

3.5. Prototipe Sistem

Prototipe sistem yang sudah selesai mencakup 2 kolam, sebuah kolam ikan dan sebuah kolam filter. Pada Gambar 6 ditampilkan GUI dari sisi web. Tombol “Start” akan mengaktifkan sistem, sedangkan tombol “STOP” akan mematikan sistem pemantauan. Data ketinggian air pada kolam filter dan tingkat pH air pada kolam ikan ditampilkan.



Gambar 6. Antar muka halaman web

Pada Gambar 7 ditampilkan bentuk fisik dari prototipe sistem, yang mencakup kedua kolam dan rangkaian elektronik.



Gambar 7. Prototipe Fisik Sistem

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembuatan prototipe sistem yang sudah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain, sistem pemantauan dan kontrol *aquaponic* berhasil dikembangkan dengan penerapan langkah-langkah metodologi *waterfall*. Dengan menggunakan metode pengujian *Black box*, sistem telah berfungsi normal sesuai rancangan, mencakup fungsi aktivitas pompa air untuk melakukan sirkulasi antara kolam *aquaponic* dan kolam penyaringan berdasarkan karakteristik pH air dan ketinggian air. Kontrol sistem dengan antar muka web berfungsi normal.

Berikut adalah beberapa saran yang dapat dilakukan untuk riset selanjutnya, sistem ini masih dapat dikembangkan dengan menyimpan data log nilai pH dan ketinggian air pada *database* untuk diolah menjadi informasi pendukung lain. Saat ini, sistem prototipe ideal jika diakses dari jaringan LAN lokal. Jika sistem ini mau diakses melalui internet, memerlukan fungsi *port forwarding* pada *router* dengan IPv4 publik dan atau *dynamic DNS*. Solusi lain adalah menggunakan web server publik dengan layanan *web service* sebagai *proxy* antara pengguna dengan Arduino.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Krastanova, I. Sirakov, S. Ivanova-Kirilova, D. Yarkov, and P. Orozova, "Aquaponic systems: biological and technological parameters," *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, vol. 36, no. 1, pp. 305–316, Dec. 2022.
- [2] Sylvia Bernstein, *Aquaponic gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish together*, 1st ed. Gabriola Island, Canada: new Society, 2011.
- [3] Linda Sherrell, "Waterfall Model," *Encyclopedia of Sciences and Religions*. Springer, Dordrecht, 2013. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8265-8>.
- [4] M. A. Alfalah and I. Irawan, "Sistem Dispenser Saus Otomatis Dengan Infrared Sebagai Sensor Utama Berbasis Arduino," *Jurnal SKANIKA*, vol. 5, no. 1, pp. 115–124, Jan. 2022.
- [5] D. E. Nadindra and J. C. Chandra, "SISTEM IOT PENYIRAM TANAMAN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO DENGAN KONTROL TELEGRAM," *SKANIKA*, vol. 5, no. 1, pp. 104–114, Jan. 2022.
- [6] I. Ezzahoui, R. A. Abdelhouahid, K. Taji, A. Marzak, and F. Ghanimi, "The Aquaponic Ecosystem Using IoT and IA Solutions," *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, vol. 17, no. 5, pp. 1–15, Sep. 2021, doi: 10.4018/IJWLTT.20220901.oa2.
- [7] G. S. Mahendra and I. K. A. Asmarajaya, "Evaluation Using Black Box Testing and System Usability Scale in the Kidung Sekar Madya Application," *Sinkron*, vol. 7, no. 4, pp. 2292–2302, Oct. 2022.
- [8] A. N. N. Chamim, D. C. Hardyanto, and K. T. Putra, "Web-Based Flood Hazard Monitoring," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 5, 2021, doi: 10.18196/jrc.25110.
- [9] Faizal Fatturahman, and I. Irawan, "MONITORING FILTER PADA TANGKI AIR MENGGUNAKAN SENSOR TURBIDITY BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 VIA SMS GATEWAY," *Jurnal Komputasi*, vol. 7, no. 2, Oct. 2019.
- [10] D. Deswati, S. Safni, K. Khairiyah, E. Yani, Y. Yusuf, and H. Pardi, "Biofloc technology: water quality (pH, temperature, DO, COD, BOD) in a flood & drain aquaponic system," *Int J Environ Anal Chem*, vol. 102, no. 18, pp. 6835–6844, Dec. 2022.