

Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering
Universitas Aisyah Pringsewu



Journal Homepage

<http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>



SMART AQUAPONIC: PEMBERI PAKAN IKAN SERTA PENGONTROL PH OTOMATIS BERBASIS ENERGI MATAHARI DAN IOT

**Regita Aulia Safitri¹, Akbar Rizki Priadi², Luthfan Akmal Faturrahman³, Tyo Bima Pratama⁴,
Daffa Hibban Sya'bana⁵**

^{1,2,3,4,5} Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang

regitaas227@gmail.com, akbar10dc.net@gmail.com, luthtanakmal@gmail.com,
tyobimapratama5@gmail.com, daffahibban25@gmail.com

ABSTRACT

The development of the human population is increasing in urban areas, residential land is getting narrower, and the lack of plants as oxygen producers causes the air temperature to increase. The potential of solar energy in Indonesia is very large at around 4.8 KWh/m² or 112,000 GWp. Utilizing these conditions, the concept of agriculture using an aquaponic system integrated with the Internet of Things (IoT) with the utilization of solar energy can be done. The aquaponic system is a combination of hydroponic and aquaculture techniques. Therefore, the design of a pH monitoring system, water level distance and automatic fish feeders in Smart Aquaponic based on solar energy and the Internet of Things (IoT) is made. The sensors used are pH-4502C sensor, HCSR-04 sensor, and servo motor processed using ESP32. This research was conducted experimentally and complemented by a literature review. The result of this research is a tool that can control and monitor water pH, water level distance, and fish feeders according to their respective functions. Solar panels can be a hybrid system in the Smart Aquaponic power source.

Keywords: *Aquaponic; Auto Feeding; Solar Energy; IoT; Sensor pH-4502C; Sensor HCSR-04*

ABSTRAK

Perkembangan populasi manusia semakin meningkat di perkotaan, lahan pemukiman semakin sempit, dan kurangnya tumbuhan sebagai penghasil oksigen yang menyebabkan suhu udara meningkat. Potensi energi matahari di Indonesia sangat besar sekitar 4.8 KWh/m² atau 112.000 GWp. Memanfaatkan kondisi tersebut, dapat dilakukan konsep pertanian menggunakan sistem akuaponik yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) disertai pemanfaatan energi matahari. Sistem akuaponik merupakan perpaduan antara teknik hidroponik dan akuakultur. Maka dari itu, dibuat perancangan sistem *monitoring* pH, jarak ketinggian air dan pemberi pakan ikan otomatis pada Smart Aquaponic berbasis energi matahari dan *Internet of Things* (IoT). Sensor yang digunakan adalah sensor pH-4502C, sensor HCSR-04, dan motor servo yang diproses menggunakan ESP32. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan dilengkapi kajian literatur. Hasil dari penelitian ini adalah alat yang dapat melakukan pengontrolan dan monitor pH air, jarak ketinggian air, dan pemberi pakan ikan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Panel surya dapat menjadi sistem hybrid dalam sumber listrik Smart Aquaponic.

Kata Kunci: *Akuaponik; Pemberi Pakan Otomatis; Energi Matahari; IoT; Sensor pH-4502C; Sensor HCSR-04*

I. PENDAHULUAN

Saat ini panas matahari di Indonesia semakin meningkat, sehingga intensitas cahaya yang dihasilkan juga semakin meningkat. Kepala Pusat Layanan Iklim Terapan BMKG Ardhasena Sopaheluwakan, memperkirakan suhu akan meningkat hingga 36-37 derajat di beberapa wilayah Indonesia [1]. Indonesia memiliki potensi energi matahari yang sangat besar yaitu dengan 4.8 KWh/m² atau 112.000 GWp, ini dikarenakan letak geografis yang berada di daerah khatulistiwa dengan iklim tropis dan memiliki intensitas radiasi yang cukup merata sepanjang tahun [2].

Perkembangan populasi manusia semakin meningkat di perkotaan, lahan pemukiman semakin sempit, dan kurangnya tumbuhan sebagai penghasil oksigen yang menyebabkan suhu udara meningkat. Kebanyakan masyarakat Indonesia beranggapan bahwa lahan sempit tidak dapat dimanfaatkan, terlebih sebagai lahan pertanian [3]. Dalam memanfaatkan kondisi tersebut, dapat dilakukan konsep pertanian menggunakan sistem akuaponik yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) disertai pemanfaatan energi matahari.

Akuaponik adalah metode untuk menanam tanaman dan ikan tanpa menggunakan tanah sebagai media. Budidaya sistem akuaponik menggabungkan budidaya tanaman dan ikan secara bersamaan. Dalam sistem ini, ikan, tanaman, dan bakteri berinteraksi satu sama lain untuk menciptakan ekosistem yang seimbang dan berkelanjutan. Penggunaan bahan daur ulang dalam sistem akuaponik juga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sambil menggunakan limbah sebagai sumber nutrisi untuk tanaman. Teknik akuaponik adalah alternatif sistem pertanian terpadu yang tidak memperhitungkan kondisi iklim dan lahan saat ini [4]. Untuk memastikan bahwa akuaponik dapat berjalan dengan baik, perlu memberi pakan ikan secara teratur, pengontrolan pH, dan ketinggian air agar menjaga keseimbangan yang ada dalam lingkup akuaponik. Penggunaan secara manual akan sangat merepotkan, oleh karena itu digunakan monitoring pH dan ketinggian air serta pemberi pakan ikan secara otomatis.

Pada suatu penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi dkk (2021) dari Institut Teknologi Nasional Malang dengan judul “Rancang Bangun Sistem Padi Aquaponic Berbasis IoT (*Internet of Things*)”, dilakukan otomatisasi

menggunakan konsep IoT (*Internet of Things*). Penelitian ini dibuat dengan sensor kelembaban, sensor debit air, dan sensor kekeruhan yang diproses oleh Arduino UNO. Pada penelitiannya, sistem *monitoring* kadar lembab tanah, debit air, tingkat keruh, kamera pantau, pemberian pestisida, dan pakan ikan efektif dapat dimonitor pada *website* dengan menggunakan modul ESP8266 [5]. Namun, alat ini tidak dapat mengontrol pH dan ketinggian air, serta masih menggunakan listrik dengan bahan bakar fosil. Sebagian besar hewan air sensitif pada perubahan pH dan menggemari kisaran pH 7-8,5. Sedangkan kisaran optimal pH adalah 7-8. Jika pH rendah, proses nitrifikasi akan berakhir [6]. Melalui ketinggian air dapat menyebabkan semakin besarnya jarak ke permukaan dan mempengaruhi proses pengambilan oksigen oleh ikan di udara secara langsung [7].

Berdasarkan uraian diatas, perlu dibuat perancangan sistem *monitoring* pH, jarak ketinggian air dan pemberi pakan ikan otomatis pada Smart Aquaponic berbasis energi matahari dan *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler yang digunakan pada Smart Aquaponic adalah ESP32. Selain itu, perancangan alat ini mampu menjadi salah satu bentuk implementasi teknologi tepat guna di era Indonesia *Net Zero Emission* 2060. Menggunakan energi matahari sebagai sumber daya utama, sistem ini akan dapat beroperasi secara *hybrid*. Sensor pH yang sensitif akan dipasang di dalam tangki untuk memantau perubahan pH air secara *real-time*. Kemudian, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air. Alat ini juga akan dilengkapi dengan pemberi pakan ikan otomatis dan seluruh penggunaannya akan terintegrasi dalam *mobile apps*. Hal ini akan memastikan pemberian pakan yang konsisten dan tepat waktu, yang pada gilirannya akan memaksimalkan pertumbuhan dan kesehatan bagi tanaman maupun ikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Akuaponik

Limbah budidaya ikan seperti sisa makanan dan sisa metabolisme dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman dengan sistem akuaponik yang memadukan teknik hidroponik dan akuakultur [8]. Tanaman dalam sistem ini berfungsi sebagai biofilter, memastikan bahwa air yang kembali ke kolam budidaya adalah air murni. Ikan yang dipelihara dalam akuarium mendapat

manfaat besar dari hal ini dalam hal perkembangan dan kelangsungan hidup. Dalam sistem akuaponik, kapasitas tanaman untuk menyerap amonia dapat menurun seiring dengan meningkatnya jumlah amonia di dalam air. Oleh karena itu, konsentrasi amonia di kolam pertanian meningkat karena adanya sisa pakan berprotein tinggi yang tidak dimakan ikan di kolam dan kotoran ikan yang masih mengandung protein tinggi [9].

Di masa pandemi, teknologi akuaponik bertujuan untuk memberikan alternatif dengan mengembangkan pertanian dan kemandirian pangan di lahan perkotaan kecil. Selain itu, pendekatan terbaik untuk meningkatkan pemberdayaan masyarakat adalah dengan memanfaatkan prinsip akuaponik [10].

2.2 Energi Surya

Energi surya merupakan sumber daya tak terbatas yang akan selalu tersedia. Dapat juga digunakan sebagai sumber energi alternatif dengan memanfaatkan sel surya untuk diubah menjadi energi listrik. Sel surya, juga dikenal sebagai sel fotovoltaik (disingkat PV) adalah perangkat yang menggunakan proses efek fotovoltaik untuk mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik [11].

Tidak ada yang bisa memisahkan energi matahari dari keberadaan makhluk hidup apa pun, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Energi matahari biasanya digunakan manusia untuk mengeringkan pakaian atau makanan. Selain itu, fotosintesis—proses tumbuhan menghasilkan oksigen—sangat bergantung pada energi matahari. Baik manusia maupun hewan membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup [12].

2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau disingkat IoT adalah teknologi yang menghubungkan objek sehari-hari ke internet untuk membuat tugas lebih mudah dan produktif. Teknologi yang dikenal sebagai “*Internet of Things*” memungkinkan koneksi objek sehari-hari ke dunia *online*. *Internet of Things* menjadi semakin lazim di banyak aspek kehidupan modern, dan ini menunjukkan pentingnya hal tersebut. Dapat diambil bagian dalam berbagai aspek pembangunan global, dari mikro hingga makro, berkat *Internet of Things*. Dengan kemajuan teknologi internet (IT) dan media komunikasi lainnya, *Internet of Things* telah muncul sebagai bidang studi tersendiri [13].

Internet of Things dibangun dengan sejumlah jaringan dan sistem yang rumit serta langkah-langkah keamanan yang ketat. Keberhasilan penyelesaian ketiga komponen ini akan memungkinkan kontrol otomatisasi *Internet of Things* berfungsi secara efektif dan menguntungkan dalam jangka waktu yang lama untuk sebuah bisnis, namun banyak perusahaan pengembang IoT yang gagal dalam menciptakan ketiga arsitektur ini karena membutuhkan banyak waktu dan uang untuk membangunnya [14].

2.4 Mikrokontroler

ESP32 adalah mikrokontroler SoC (*System on Chip*) terintegrasi yang mendukung *Bluetooth* 4.2, WiFi 802.11 b/g/n, dan sejumlah periferal. Mikroprosesor Xtensa LX6 *dual-core* 32 bit mendukung chip ini. Terdapat 512 kB ruang alamat periferal selain 4 GB ruang alamat untuk data dan instruksi. Ada dua memori RTC 8kB, SRAM 520 kB, ROM 448 kB, dan memori flash 4MB secara total. Chip ini memiliki dua I2C, empat SPI, dan delapan belas pinADC (12-bit). Keunggulan utama mikrokontroler ini adalah harganya yang terjangkau, kemudahan pemrograman, jumlah pin I/O yang memadai, dan adaptor WiFi internal untuk akses jaringan Internet [15].

2.5 Sensor Ultrasonik HCSR-04

HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang siap digunakan dan dapat digunakan sebagai pemancar, penerima, atau pengontrol gelombang ultrasonik. Dengan akurasi 3mm, alat ini dapat mengukur jarak objek antara 2 hingga 4 meter. Pada frekuensi 40.000 Hz, Sensor Ultrasonik HC-SR04 memancarkan gelombang ultrasonik yang merambat di udara dan dipantulkan kembali ke modul jika melewati suatu benda atau penghalang [16].

Ada dua komponen utama pada sensor ini: pemancar dan penerima. Osilator menghasilkan gelombang ultrasonik pada frekuensi tertentu, seperti 40 kHz, yang dapat ditransmisikan oleh alat yang disebut pemancar. Penerima adalah suatu alat yang menerima gelombang pantulan dari pemancar yang dikenakan pada permukaan suatu benda [17].

2.6 Sensor PH-4502C

Sensor pH adalah elektroda kaca yang memiliki elektroda referensi dan larutan klorida dengan pH yang diketahui di dalam gelembung kaca yang peka terhadap derajat keasaman (pH) pada ujunnya. Pengujian akan dilakukan

dengan menggunakan pH meter digital sebagai pembanding untuk mengetahui hasil pengujian dan tingkat akurasi sensor pH-4502C [18]. Modul PH-4502C adalah modul dari sensor pH yang digunakan untuk mengoneksikan *probe* sensor pH dengan mikrokontroler sehingga probe sensor pH dapat mengirim data untuk diolah oleh mikrokontroler [19].

2.7 Motor Servo Sg90

Motor servo adalah aktuator atau perangkat berputar yang dibangun dengan sistem kendali umpan balik *loop* tertutup (*servo*) yang memungkinkannya dikonfigurasi atau disetel untuk memastikan dan menjamin posisi sudut poros keluaran motor. Motor DC, sejumlah roda gigi, rangkaian kontrol, dan potensiometer membentuk motor servo. Potensiometer yang resistansinya berubah seiring putaran motor berfungsi sebagai pembatas posisi putaran poros motor servo, sedangkan seperangkat roda gigi yang dipasang pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo [20]. Motor servo yang digunakan dalam penelitian ini bertipe SG90.

III. METODOLOGI

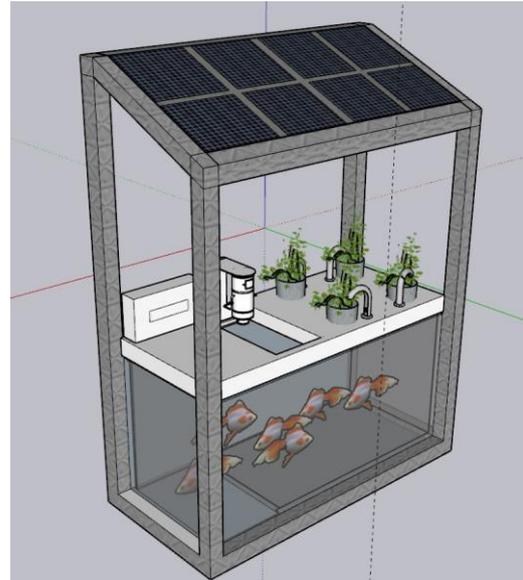
Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental melalui pengambilan data secara langsung pada rancang bangun alat yang telah dibuat. Selain itu, penelitian juga didukung dengan berbagai studi literatur dan penelitian sebelumnya terkait hal yang serupa.

3.1. Rancangan Alat

Smart Aquaponic merupakan pemberi pakan ikan serta pengontrol pH otomatis berbasis energi matahari dan IoT menggunakan aplikasi android. Motor servo Sg90 digunakan untuk pembuka dan penutup dari penyimpanan pakan ikan. Dilengkapi dengan sensor pH 4502C yang digunakan untuk mendeteksi pH pada air kolam. Sensor ultrasonik HCSR-04 digunakan untuk mendeteksi ketinggian air pada kolam ikan, sehingga ketika air semakin surut dapat terdeteksi oleh alat. Seluruh sensor ini dapat dijalankan menggunakan listrik PLN dan juga panel surya 20WP yang terpasang pada alat.

Dilakukan perancangan alat sebelum dibuatkan dalam bentuk nyata untuk mempermudah saat pembuatan mesin. Desain alat memiliki kolam dengan kapasitas 30 liter

dengan panjang 45 cm, lebar 35 cm, dan tinggi 100 cm. Berikut merupakan desain rancang bangun Smart Aquaponic.



Gambar 1. Desain Smart Aquaponic

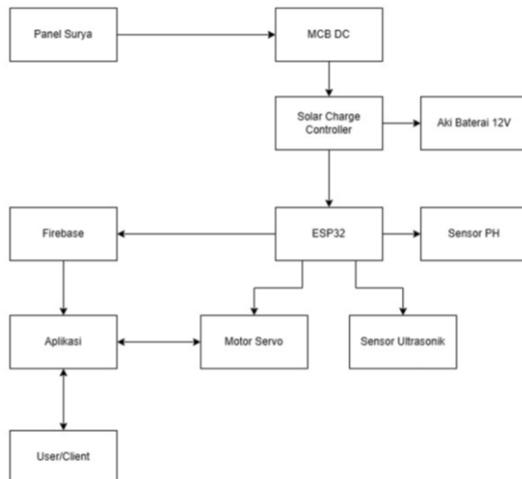
Selain membuat alat, Smart Aquaponic juga dilengkapi dengan aplikasi Android. Di mana aplikasi ini berisikan menu untuk *monitoring* atau memantau keadaan pH dan ketinggian air, serta pengontrol pemberian pakan ikan. Desain dari aplikasi Smart Aquaponic terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Aplikasi Smart Aquaponic

3.2. Diagram Blok

Rancang bangun Smart Aquaponic dapat dioperasikan dengan konsep IoT. Pengoperasian secara IoT dilakukan melalui aplikasi Android. Di mana terdapat fitur *timer* dengan tiga kali pemberian pakan ikan, *monitoring* pH, dan ketinggian air di dalam kolam ikan. Dapat dilihat pengoperasian dari Smart Aquaponic pada diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Rancang Bangun Smart Aquaponic

Pengontrolan pemberian pakan ikan pada waktu yang telah ditentukan dapat meningkatkan kesehatan ikan. Sedangkan pemantauan pH dan ketinggian air yang terintegrasi dengan sensor secara real-time memungkinkan tindakan cepat bila terjadi perubahan yang tidak diinginkan dari segi pH dan ketinggian air pada kolam.

3.3. Rangkaian Elektrik

Panel surya pada Smart Aquaponic berfungsi sebagai sumber daya utama di mana panel akan menangkap energi matahari. MCB DC digunakan sebagai pelindung rangkaian elektrik dari aliran arus listrik berlebih. SCC (*Solar Charge Controller*) mengatur dan mengontrol arus pengisian baterai dari panel surya ke aki baterai 12V, di mana aki menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya serta menyuplai daya saat panel surya tidak aktif, seperti pada malam hari atau pada cuaca mendung. Untuk sistem *hybrid* saat panel surya bekerja menyerap panas (siang hari), panel akan menangkap energi matahari dan menghasilkan listrik DC. MCB DC terbuka, memungkinkan aliran arus listrik ke SCC,

kemudian mengisi arus listrik pada aki baterai 12V. Sedangkan, sistem *hybrid* saat panel surya nonaktif (malam hari) di mana energi disediakan oleh aki baterai 12V dan disuplai ke SCC.



Gambar 4. Rangkaian Elektrik Rancang Bangun Smart Aquaponic

Selanjutnya, SCC akan memberikan daya kepada mikrokontroler ESP32. Pada mikrokontroler ESP32 akan terhubung ke jaringan WiFi untuk memungkinkan komunikasi dengan aplikasi melalui internet dan mentransfer data dari aplikasi. Aplikasi ini memungkinkan pengguna mengontrol sistem Smart Aquaponic dan memantau parameter seperti jadwal pemberian pakan ikan, kondisi pH air, dan jarak ketinggian air.

Pada ESP32 di mana berfungsi sebagai otak pusat sistem yang mengontrol operasi motor servo, menerima data dari sensor ultrasonik dan sensor pH. Motor Servo digunakan untuk mengendalikan mekanisme pemberian pakan secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan pada aplikasi. Sensor Ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak ketinggian air dalam sistem Smart Aquaponic dan memberikan data yang diperlukan untuk memastikan ketinggian air tetap dalam rentang yang diinginkan. Terakhir, sensor pH digunakan untuk mengetahui kondisi pH air dalam sistem Smart Aquaponic dan memberikan data yang diperlukan untuk memantau pH air agar tetap normal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Akurasi Sensor pH

Pengujian akurasi sensor pH dilakukan untuk mengetahui apakah parameter yang terukur pada sudah bekerja sesuai spesifikasi. Indikator pembacaan pH berupa pengujian air yang normal atau tidak normal. Normal adalah ketika pH bernilai 7, sedangkan tidak normal

pH bernilai diatas dan dibawah 7. Hal ini berdasarkan hasil literatur bahwa pH yang optimal untuk ikan adalah pH 7-8 [6]. Tabel 1 memperlihatkan hasil pengujian pada sensor pH.

Tabel 1. Pengujian Akurasi Sensor pH

Pengujian Ke-	Jenis Air	Hasil Pengujian
1	Air keran	Normal
2	Air sabun cair	Tidak Normal
3	Air revanol	Tidak Normal
4	Air alkohol 70%	Tidak Normal
5	Air sabun cuci piring	Tidak Normal
6	Air garam	Normal
7	Air mineral	Normal

Hasil pengujian yang telah diperoleh dapat dilihat sudah sesuai dengan jenis air yang diberikan. Ketika air yang diuji memiliki indikasi pH diatas dan dibawah 7, maka akan terindikasi "Tidak Normal". Contohnya adalah air sabun yang bersifat basa, memiliki kisaran pH 9-10. Sedangkan ketika sensor diuji pada air yang normal seperti air keran, sensor mengindikasikan "Normal". Hasil yang diperoleh tidak selalu tampak secara langsung, karena selalu ada kemungkinan keterlambatan pembacaan data dari sensor dan juga bergantung dengan kecepatan internet pada sistem IoT.

4.2 Pengujian Pemberi Pakan Ikan Otomatis

Pengujian pemberi pakan ikan otomatis akan diamati pada pergerakan motor servo Sg90, untuk menyalakannya dapat dilakukan pada aplikasi. Posisi servo yang diatur untuk pakan ikan motor servo yang ada pada Smart Aquaponic adalah 90°. Dilakukan 7 kali pengujian yaitu dengan rentang percobaan setiap 10 menit sekali dengan rentang waktu 19.00 hingga 20.00, kemudian akan membuka penyimpanan pakan ikan. Hasil pengujian terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Pemberi Pakan Ikan Otomatis

Pengujian Ke-	Pembacaan Waktu Percobaan	Pembacaan Posisi Servo
1	19.00	90°
2	19.10	90°
3	19.20	88°
4	19.30	90°
5	19.41	90°
6	19.50	90°
7	19.60	90°

Pengujian yang telah dilakukan mendapatkan ketepatan posisi dan waktu yang relatif sesuai dengan perintah pada program yang telah dibuat. Terdapat 5 (lima) dari 7 pengujian yang dinyatakan telah sesuai dengan perintah program. Sedangkan 2 diantaranya kurang sesuai, pada pengujian ke-3 dan ke-5. Pada ketidaksesuaian percobaan ke-3 seharusnya posisi servo 90° namun yang terjadi adalah 80°, kesalahan ini mungkin terjadi karena terdapat pergerakan posisi awal dan posisi akhir dari servo yang kurang sesuai. Kemudian pada pengujian ke-5 terdapat ketidaksesuaian waktu yang seharusnya pukul 19.40 sudah bergerak, namun pada pengujian baru bergerak saat pukul 19.41. Kesalahan ini mungkin terjadi karena terdapat *delay* pada motor servo, sehingga baru bergerak ketika berakhirnya hal tersebut. Selain itu, keterlambatan ini dapat terjadi karena keterlambatan pengiriman data dari IoT.

4.3 Pengujian Jarak Ketinggian Air dengan Sensor Ultrasonik

Pengujian jarak ketinggian air pada Smart Aquaponic diamati melalui hasil pembacaan jarak antara sensor dengan permukaan air kolam ikan. Pengujian dilakukan menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04 yang dipasang pada kolam ikan. Hasil dari pengujian ketinggian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Ketinggian Air dengan Sensor Ultrasonik

Pengujian Ke-	Jarak Ketinggian Air	Hasil Pengujian
1	10 cm	10,01 cm
2	15 cm	14,08 cm
3	20 cm	19,09 cm
4	25 cm	25 cm
5	30 cm	30,02 cm
6	35 cm	35 cm

7	40 cm	39,04 cm
---	-------	----------

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketinggian air yang diberikan antara permukaan air dan sensor ultrasonik sudah berjalan dengan cukup baik karena memiliki selisih yang tidak terlalu jauh. *Monitoring* ini sangat berguna untuk kelangsungan hidup ikan agar tidak terlalu dekat dengan permukaan maupun tidak kekurangan air. Hasil yang diperoleh tidak selalu langsung terbaca, dikarenakan terdapat kemungkinan adanya keterlambatan pengukuran jarak dan juga pengiriman data sesuai kecepatan internet pada sistem IoT.

V. PENUTUP

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa monitoring dan pengontrolan komponen pada rancang bangun alat sudah dapat bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Meskipun belum sepenuhnya selalu mendapatkan hasil yang sesuai, namun ketidaksesuaian masih dalam perbedaan yang tidak terlalu jauh. Hal ini dapat bergantung pada kerja sensor dan kecepatan internet yang dipakai pada sistem IoT. Sedangkan untuk penggunaan panel surya sebagai pengganti listrik PLN pada sistem Smart Aquaponic, sudah cukup untuk mampu menjalankan seluruh sensor dan komponen. Namun, dari penelitian ini masih dapat dilakukan pengembangan lebih jauh lagi. Saran yang dapat dipertimbangkan adalah dapat menggunakan sensor *waterlevel* untuk pengukuran tingkat air dalam suatu wadah, sehingga pembacaan banyaknya air bisa lebih maksimal. Selain itu, dapat digunakan penambahan sensor lain yang dapat menunjang pembudidayaan ikan serta tanaman secara akuaponik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CNNIndonesia.com, "BMKG Ungkap 5 Penyebab Suhu Panas di Indonesia," CNN Indonesia. Accessed: Dec. 05, 2023. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20230424143921-199-941517/bmkg-ungkap-5-penyebab-suhu-panas-di-indonesia>
- [2] H. Jody, D. Mamahit, and M. Rumbayan, "Pemanfaatan Energi Matahari Menggunakan Panel Surya Untuk Penggerak Pompa Air," *UNSRAT Repository*, pp. 1–12, Sep. 2021.
- [3] Y. Rahmanto, A. Rifaini, S. Samsugi, and S. Dadi Riskiono, "Sistem Monitoring pH Air pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno," *JTST*, vol. 01, no. 1, pp. 23–28, 2020.
- [4] I. Dwi Agustin, M. Bilal Fahrudin, Y. Rina Amelia, M. Nur Zulqornain, P. Margaret Christiaan, and E. Frandico Ruyono, "Penerapan Teknologi Tepat Guna dengan Menggunakan Sistem Aquaponik di Desa Kalikatir," *Prosiding Patriot Mengabdikan*, vol. 2, no. 1, pp. 639–649, Aug. 2023, doi: <https://doi.org/10.33752/reaktom.v6i2.2175>.
- [5] D. Ayu Wahyudi, S. Adi Wibowo, and R. P. Primaswara, "Rancang Bangun Sistem Padi Aquaponic Berbasis IoT(Internet of Things)," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 5, no. 1, pp. 108–114, 2021.
- [6] M. Nasrullah, D. N. Ramadan, and A. Hartaman, "Kontrol Ketinggal Air dan pH Air pada Budidaya Ikan Koi," in *eProceedings of Applied Science*, 2021, pp. 3197–3206.
- [7] N. Nurdini, L. Lahming, and P. Patang, "Pengaruh Tinggi Air dan Padat Tebar yang Bervariasi terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*)," *NEKTON: Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan*, pp. 51–59, Mar. 2023, doi: [10.47767/nekton.v3i1.465](https://doi.org/10.47767/nekton.v3i1.465).
- [8] P. Stathopoulo *et al.*, "Aquaponics: A Mutually Beneficial Relationship of Fish, Plants and Bacteria," *HydromediT*, pp. 1–5, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/329403265>
- [9] I. Zidni, I. Iskandar, A. Rizal, Y. Andriani, and R. Ramadan, "The Effectiveness of Aquaponic Systems with Different Types of Plants on the Water Quality of Fish Culture Media," *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, vol. 9, no. 1, pp. 81–94, Jun. 2019, doi: [10.33512/jpk.v9i1.7076](https://doi.org/10.33512/jpk.v9i1.7076).
- [10] N. Fauza *et al.*, "Akuaponik Sebagai Sarana Pemberdayaan Masyarakat Labuhbaru Barat Dalam Konsep Urban Farming," *Jurnal Pengabdian*

- Masyarakat*, vol. 17, no. 2, pp. 269–278, 2021.
- [11] B. H. Purwoto, E. Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif, M. F. Alimul, and I. Fahmi Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif.”
- [12] R. Hasrul, “Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif,” *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 5, no. 2, pp. 79–87, 2021.
- [13] F. Susanto, N. K. Prasiani, and P. Darmawan, “Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-hari,” *Jurnal IMAGINE*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.std-bali.ac.id/index.php/imagine>
- [14] F. Adani and S. Salsabil, “Internet of Things: Sejarah Teknologi dan Penerapannya,” *Jurnal Isu Teknologi*, vol. 14, no. 2, pp. 92–99, 2019.
- [15] A. Wagyana and Rahmat, “Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT),” *Setrum: Sistem Kendali Tenaga Elektronika Telekomunikasi Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 238–247, Dec. 2019, doi: 10.36055/setrum.v8i2.6561.
- [16] P. S. F. Yudha and R. A. Sani, “Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino,” *Jurnal EINSTEIN*, vol. 5, no. 3, pp. 19–26, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/inpafie-issn:2407-747x,p-issn2338-1981>
- [17] M. Nur R, I. Fresha A, and R. Dian A, “Aplikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Guna Mendeteksi Jarak Penumpang Kereta Api di Era New Normal,” *National Conference PKM Center Sebelas Maret University*, vol. 1, no. 1, pp. 236–240, 2020.
- [18] A. Pradypta, L. Anifah, N. Kholis, and F. Baskoro, “Rancang Bangun Sistem Monitoring pH Dan Kontrol Suhu Pada Media Pemeliharaan Ikan Hias Air Tawar,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 02, pp. 270–277, 2022.
- [19] H. Setiawan, A. F. Ikhsan, and A. Rukmana, “Prototipe Alat Pengatur pH Air Otomatis pada Metode Hidroponik dengan Sistem DFT Berbasis Mikrokontroler,” *Jurnal FUSE*, vol. 2, no. 1, pp. 11–20, 2022.
- [20] U. Latifa and J. S. Saputro, “Perancangan Robot ARM Gripper Berbasis Arduino Uno Menggunakan Antarmuka Labview,” *Barometer*, vol. 3, no. 2, pp. 138–141, 2018.