

Monitoring dan Otomatisasi Sistem Aquaponik Budidaya Lele dan Kangkung Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Aplikasi *Blynk*

Khair Fadhillah¹, Mega Suci Lestari², Syara Devanti³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika S-2, Universitas Pamulang

e-mail: khairfadhillah123@gmail.com¹, mega.sucilestari@gmail.com², syaradevanti13@gmail.com³

Abstrak—Sistem aquaponik merupakan solusi inovatif dalam budidaya terpadu antara ikan dan tanaman tanpa tanah yang menawarkan efisiensi tinggi terhadap penggunaan air dan lahan. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan otomatisasi aquaponik berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan ESP32 dan aplikasi Blynk untuk mengelola budidaya ikan lele dan tanaman kangkung secara real-time. Sistem dirancang untuk memantau ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik, serta mendeteksi kejernihan air menggunakan sensor kekeruhan, yang terhubung dengan pompa dan indikator seperti buzzer dan LCD I2C untuk memberikan peringatan otomatis. Metode yang digunakan adalah metode prototipe, dengan tahap perancangan, perakitan, dan pengujian sistem dalam skala kecil. Sistem ini juga memanfaatkan bahan daur ulang seperti galon dan botol plastik sebagai upaya pengurangan limbah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi air secara akurat dan merespons secara otomatis melalui kendali pompa, serta memberikan informasi melalui aplikasi dan indikator lokal. Dengan teknologi ini, proses budidaya menjadi lebih efisien, terkontrol, dan ramah lingkungan.

Kata Kunci—Aquaponik, IoT, ESP32, Blynk, monitoring, daur ulang

I. PENDAHULUAN

Dalam Pertumbuhan sektor pertanian dan perikanan yang berkelanjutan menjadi tantangan besar di era modern [1], [2]. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pangan, ketersediaan sumber daya seperti air bersih dan lahan produktif justru semakin terbatas [3]. Data Badan Pusat Statistik pada tahun 2023 mencatat bahwa cakupan layanan air bersih di Jakarta baru mencapai 65,85%, menunjukkan bahwa sekitar 34% penduduk belum memiliki akses memadai terhadap air bersih [4]. Selain itu, urbanisasi yang terus meningkat turut menyusutkan lahan pertanian, dan di sisi lain, limbah plastik yang sulit terurai semakin mencemari lingkungan [5]. Tiga persoalan tersebut yaitu krisis air bersih, keterbatasan lahan, dan penumpukan sampah plastik menjadi tantangan serius bagi pengembangan sistem pangan berkelanjutan.

Di tengah permasalahan tersebut, sistem aquaponik hadir sebagai salah satu solusi alternatif yang menggabungkan budidaya ikan dan tanaman tanpa tanah dalam satu ekosistem tertutup [6]. Sistem ini tidak hanya hemat lahan dan air, tetapi juga mengurangi limbah karena air yang digunakan bersirkulasi secara berulang antara kolam ikan dan media tanam [7]. Limbah organik dari ikan menjadi nutrisi bagi tanaman, sedangkan tanaman membantu menyaring air agar tetap bersih bagi ikan. Namun, dalam praktiknya, sistem aquaponik konvensional masih bergantung pada pemantauan dan pengelolaan manual, yang rentan terhadap keterlambatan deteksi dan respon terhadap perubahan kualitas air atau kondisi lingkungan.

Pemanfaatan Internet of Things (IoT) memberikan solusi teknologi yang relevan untuk menjawab tantangan tersebut. Dengan mengintegrasikan sensor dan mikrokontroler seperti ESP32, sistem dapat memantau parameter lingkungan secara real-time dan mengambil tindakan otomatis berdasarkan data yang diperoleh. Misalnya, dengan sensor ultrasonik, sistem dapat mendeteksi penurunan ketinggian air dan memicu pompa pengisi, sementara sensor kekeruhan (turbidity) akan mengaktifkan sistem penyaringan saat air menjadi terlalu keruh. Selain itu, indikator visual seperti LCD I2C, buzzer, dan LED memberikan peringatan langsung kepada pengguna tentang kondisi air dan ketersediaan pakan.

Dalam pengembangan ini, digunakan bahan-bahan sederhana dan ramah lingkungan seperti galon bekas, botol plastik, dan gelas plastik sebagai struktur fisik sistem, sehingga tidak hanya menjawab efisiensi energi dan air, tetapi juga memanfaatkan kembali limbah plastik menjadi alat yang fungsional. Sistem ini memadukan budidaya lele dan kangkung dalam satu prototipe sederhana, yang dirancang untuk dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk pada smartphone.

Melalui pendekatan teknologi tepat guna berbasis IoT ini, sistem aquaponik yang dibangun diharapkan dapat menjadi solusi cerdas bagi masyarakat urban atau pemula dalam bidang pertanian-perikanan, serta mendorong gaya hidup berkelanjutan dan sadar lingkungan di tengah keterbatasan ruang dan sumber daya.

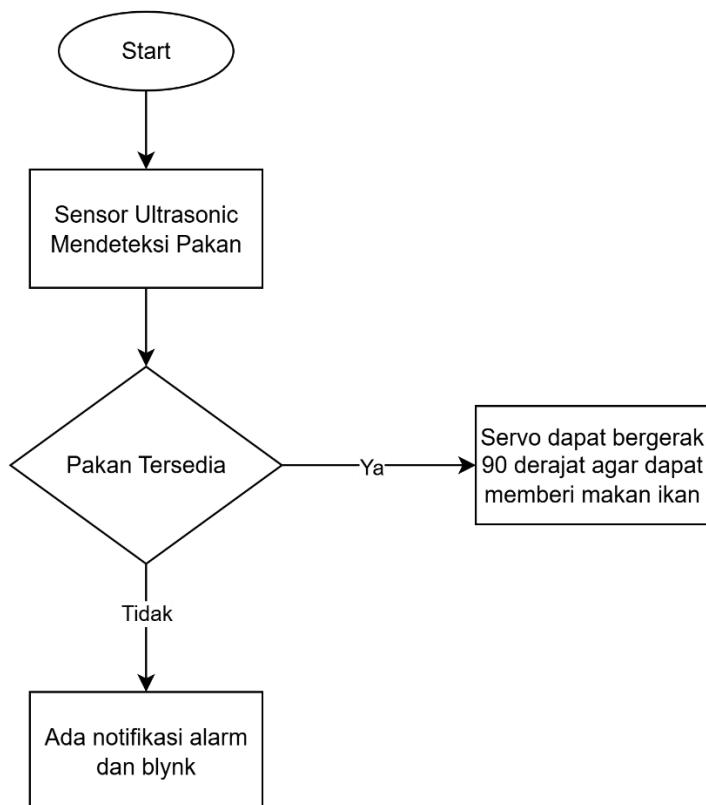
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode prototipe (prototype method), yaitu metode yang berfokus pada proses pengembangan sistem secara bertahap melalui perancangan, pembangunan, pengujian, dan penyempurnaan berdasarkan umpan balik dari proses implementasi [8]. Metode ini sesuai untuk penelitian rekayasa perangkat dan sistem teknologi berbasis IoT, karena memungkinkan pengembangan yang fleksibel serta penyesuaian langsung berdasarkan hasil uji coba lapangan [9].

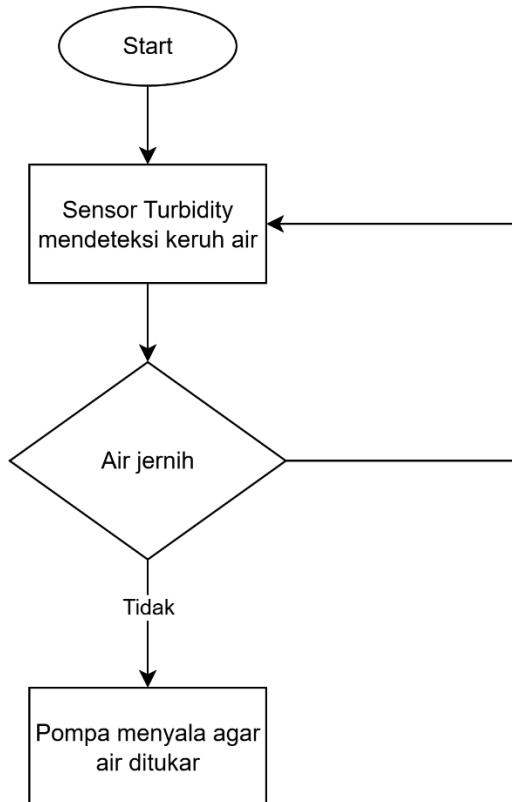
Metode prototipe sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem berbasis perangkat keras dan lunak karena pendekatannya yang iteratif, dimulai dari pembuatan model awal (prototype), dilanjutkan dengan pengujian, dan terus dikembangkan hingga sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna [10]. Dalam konteks ini, prototipe yang dikembangkan adalah sistem aquaponik mini berbasis IoT untuk budidaya ikan lele dan tanaman kangkung, dengan fitur monitoring dan kontrol otomatis berbasis sensor serta platform pemantauan jarak jauh.

2.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem

Tahapan awal dimulai dengan identifikasi tiga isu utama yang melatarbelakangi sistem ini, yaitu keterbatasan air bersih, sempitnya lahan budidaya, dan penumpukan limbah plastik. Berdasarkan hal tersebut, dirancanglah sistem aquaponik sederhana dan hemat air yang dapat dijalankan di lingkungan terbatas dengan memanfaatkan bahan daur ulang. Selain itu, sistem juga dirancang agar dapat dipantau dan dikendalikan secara otomatis menggunakan perangkat digital. Parameter utama yang dipantau dalam sistem ini meliputi ketinggian air dalam kolam (menggunakan sensor ultrasonik), tingkat kekeruhan air (sensor turbidity), Ketersediaan pakan ikan (deteksi jarak menggunakan sensor ultrasonik), notifikasi dan indikator otomatis (melalui buzzer, LED, dan LCD I2C), dan aktivasi pompa air untuk pengisian dan pengurasan otomatis



Gambar 1. Flowchart Pakan Otomatis



Gambar 2. Flowchart Kekeruhan Deteksi Air

Kebutuhan ini didasarkan pada prinsip dasar ekosistem aquaponik yang mengandalkan keseimbangan antara kualitas air dan suplai oksigen agar ikan dan tanaman dapat tumbuh optimal.

2.2 Perancangan Sistem

Setelah parameter ditentukan, dilakukan perancangan sistem IoT menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali utama. Komponen-komponen utama yang digunakan dalam sistem terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Utama Sistem

Nama Komponen	Fungsi
ESP32	Mikrokontroler utama yang memproses data sensor dan mengontrol sistem
Sensor Ultrasonik	Mengukur ketinggian air pada galon
Sensor Kekeruhan (Turbidity)	Mendeteksi kejernihan/kualitas air
LCD I2C 16x2	Menampilkan data suhu, level air, dan status sistem secara lokal
Relay Modul	Mengendalikan perangkat listrik seperti pompa
Pompa 12V DC	Mengalirkan dan menyirkulasikan air dalam sistem
Servo Motor	Mengerakkan alat pemberi pakan otomatis
Buzzer	Memberikan peringatan saat kondisi tidak normal (air keruh/rendah)
LED	Indikator visual status sistem atau peringatan
Kabel Jumper	Menghubungkan antar komponen
Holder Baterai 18650	Menyimpan dan mengalirkan daya ke sistem secara portabel
Baterai 18650	Sumber daya sistem
Extension Board ESP32	Mempermudah koneksi ESP32 ke komponen lain
Rockwool	Media tanam hidropotik untuk kangkung
Galon Bekas	Digunakan sebagai kolam budidaya ikan lele dan kangkung
Anakan Lele	Objek budidaya perikanan dalam sistem aquaponik
Kangkung	Objek budidaya tanaman dalam sistem aquaponik

2.3 Pembuatan Prototipe

Tahapan ini melibatkan perakitan seluruh komponen dalam satu prototipe sistem aquaponik mini. Komponen-komponen disusun di atas media berbahan dasar plastik daur ulang seperti galon, gelas, dan stik es krim. Sensor ultrasonik diposisikan di atas galon untuk membaca ketinggian air dan level pakan, sementara sensor turbidity diletakkan dalam air untuk mengukur kejernihan. Pompa air dihubungkan ke relay dan akan menyala secara otomatis berdasarkan data dari sensor.

Seluruh sistem dijalankan menggunakan daya dari baterai 18650 dan dapat dimonitor melalui LCD di lokasi serta Blynk dari jarak jauh. Uji coba dilakukan secara bertahap untuk memastikan koneksi antar perangkat berjalan dengan baik, serta untuk menguji respons sistem terhadap berbagai kondisi lingkungan (air keruh, air rendah, pakan habis).

2.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan secara langsung dalam lingkungan terbatas, menggunakan ikan lele dan tanaman kangkung sebagai subjek budaya. Uji coba berlangsung selama beberapa hari untuk melihat kestabilan dan efektivitas kerja sistem.

Pengujian pada sistem ini meliputi validasi pembacaan sensor terhadap kondisi nyata (tinggi air, kekeruhan, pakan), uji fungsi otomatisasi pompa, buzzer, dan servo serta uji kestabilan koneksi dengan aplikasi Blynk.

2.5 Evaluasi Sistem

Tahapan akhir adalah melakukan evaluasi terhadap efektivitas dan efisiensi sistem yang telah dibangun. Evaluasi dilakukan dengan mengamati kesesuaian respon sistem terhadap kondisi yang terdeteksi, kecepatan respon perangkat, serta kenyamanan pengguna dalam memantau dan mengontrol sistem melalui aplikasi. Selain itu, dilakukan pula refleksi terhadap penggunaan komponen daur ulang dan hemat energi sebagai bagian dari nilai keberlanjutan sistem ini.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Sistem aquaponik berbasis IoT yang dirancang berhasil diimplementasikan dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama: ESP32 sebagai otak mikrokontroler, sensor ultrasonik untuk pendekripsi jarak air dan pakan, sensor turbidity untuk pengukuran kekeruhan air, serta LCD dan aplikasi Blynk sebagai media tampilan data.

Implementasi dilakukan dengan memanfaatkan wadah daur ulang seperti galon plastik sebagai kolam dan pot tanaman kangkung. Prototipe ini dirancang agar hemat tempat, ramah lingkungan, serta dapat dimonitor secara lokal (LCD) dan jarak jauh (Blynk) seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Prototipe Sistem

Berdasarkan hasil pengujian lapangan, sistem ini mampu mendeteksi secara otomatis kondisi air dan pakan, serta melakukan aksi berdasarkan nilai ambang batas yang ditentukan. Berikut rincian fitur utama dan hasil implementasinya:

1. Monitoring dan Otomatisasi Pakan Ikan

Sub Sistem menggunakan sensor ultrasonik untuk membaca ketinggian pakan di dalam wadah. Jika jarak melebihi 6 cm (menandakan pakan menipis), buzzer akan aktif sebagai alarm peringatan, dan status LCD akan menampilkan “Makan: KOSONG”. Sebaliknya, jika pakan tersedia, buzzer mati dan LCD menunjukkan “Makan: TERSEDIA”.

Servo motor dikendalikan secara otomatis setiap 1 jam (simulasi) untuk membuka wadah pakan, dengan sudut rotasi 0° ke 90°, lalu kembali ke posisi semula. Fungsi ini berjalan stabil sesuai logika waktu dan status sensor.

2. Monitoring dan Pengelolaan Kualitas Air

Kualitas air dipantau menggunakan sensor turbidity, yang mengukur tingkat kekeruhan air dan mengubah nilai ADC menjadi NTU melalui perhitungan rumus kuadratik. Nilai NTU dijadikan dasar klasifikasi kondisi air:

Jika $NTU \leq 1000 \rightarrow$ Air dianggap BERSIH

Jika $NTU > 1000 \rightarrow$ Air dianggap KERUH dan pompa pembuangan otomatis aktif melalui relay.

Selain itu, sensor ultrasonik juga digunakan untuk memantau ketinggian air. Jika ketinggian air kurang dari batas minimum (jarak > 10 cm), maka pompa pengisian air akan menyala otomatis melalui relay untuk menambahkan air ke kolam hingga mencapai batas ideal.

3. Display dan Monitoring Real-Time

Informasi kondisi sistem ditampilkan secara real-time di LCD I2C dan aplikasi Blynk. Berdasarkan pengembangan prototipe, tampilan LCD 12C ditunjukkan seperti pada Gambar 4. Sedangkan untuk tampilan pada aplikasi Blynk ditunjukkan seperti Gambar 5.



Gambar 4. Tampilan LCD 12C



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Blynk.

3.2 Pengujian Sistem

Sistem diuji selama 5 hari di lingkungan indoor dengan unit budidaya lele dan tanaman kangkung. Hasil menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara otomatis, tanggap terhadap perubahan lingkungan, dan stabil selama pengoperasian. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan

Parameter	Nilai Uji Lapangan	Ambang Sistem	Respon Sistem
Jarak pakan (Ultrasonik)	3–5 cm (penuh), >6 cm (kosong)	6 cm	Buzzer ON jika pakan kosong
Sudut servo motor	0° ke 90°, setiap 1 Jam	—	Membuka tutup pakan
Nilai NTU air keruh	1000–2800 NTU	1000 NTU	Pompa buang aktif saat >1000
Ketinggian air	>10 cm (air habis)	10 cm	Pompa pengisi ON otomatis
Data sinkron ke LCD	Ya	—	Muncul status makanan & air
Data sinkron ke Blynk	Ya (setiap 10 detik)	—	Tampil status + sensor NTU & pendekripsi makanan

III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem aquaponik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 dan aplikasi Blynk, dapat disimpulkan bahwa sistem ini berhasil menjalankan fungsinya secara otomatis dan responsif terhadap kondisi lingkungan budidaya ikan lele dan tanaman kangkung. Sistem mampu memantau ketersediaan pakan menggunakan sensor ultrasonik, serta secara otomatis mengaktifkan buzzer sebagai peringatan saat pakan mulai habis. Selain itu, sensor turbidity mampu mendeteksi tingkat kekeruhan air, dan sistem merespons dengan menyalakan pompa pembuangan apabila air telah melewati ambang batas kekeruhan yang ditentukan. Sensor ultrasonik kedua digunakan untuk mengukur ketinggian air dalam kolam, dan secara otomatis memicu pompa pengisian saat air surut.

Seluruh data dari sistem ini ditampilkan secara real-time melalui LCD dan aplikasi Blynk, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi budidaya baik secara lokal maupun jarak jauh. Sistem ini juga telah dilengkapi dengan sinkronisasi waktu menggunakan protokol NTP (Network Time Protocol), yang memungkinkan ESP32 memperoleh waktu aktual secara otomatis melalui internet. Dengan adanya waktu sistem yang akurat, pengembangan logika kontrol berbasis waktu seperti penjadwalan pemberian pakan atau logging data harian yang dapat diimplementasikan secara lebih presisi tanpa memerlukan modul RTC tambahan.

Implementasi sistem ini menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat dimanfaatkan secara efektif dalam pengelolaan aquaponik skala kecil dengan pendekatan hemat air, hemat lahan, dan ramah lingkungan. Dengan pengembangan lebih lanjut seperti pencatatan histori sensor, serta sistem notifikasi berbasis pesan, sistem ini berpotensi menjadi solusi pintar yang efisien dan dapat diadopsi secara luas dalam pertanian dan perikanan urban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. A. C. Gordon *et al.*, “Fishes in a changing world: learning from the past to promote sustainability of fish populations,” *J. Fish Biol.*, vol. 92, no. 3, pp. 804–827, 2018, doi: 10.1111/jfb.13546.
- [2] S. M. Garcia and A. A. Rosenberg, “Food security and marine capture fisheries: Characteristics, trends, drivers and future perspectives,” *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 365, no. 1554, pp. 2869–2880, 2010, doi: 10.1098/rstb.2010.0171.

- [3] B. Soriano, A. Garrido, and P. Novo, "Coping with increasing water and land resources limitation for meeting world ' s food needs : the role of virtual water and virtual land trade," vol. 15, p. 14185, 2013.
- [4] Dinas Lingkungan Hidup, "Efisiensi Penggunaan Air," Jakarta.go.id. [Online]. Available: <https://www.jakarta.go.id/index.php/page/efisiensi-penggunaan-air>
- [5] R. Balu, N. K. Dutta, and N. Roy Choudhury, "Plastic Waste Upcycling: A Sustainable Solution for Waste Management, Product Development, and Circular Economy," *Polymers (Basel)*., vol. 14, no. 22, 2022, doi: 10.3390/polym14224788.
- [6] R. Senthil Kumar, N. Ananthi, K. Kumaran, K. Raja, U. Khansa Khanam, and N. Raj, "Automated aquaponic system for indoor gardening," *Eur. J. Mol. Clin. Med.*, vol. 7, no. 4, pp. 2712–2717, 2020, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097091186&partnerID=40&md5=5c0d88a9943e9bdfcb30092bf03d4ac5>
- [7] R. Calone and F. Orsini, "Aquaponics : a Promising Tool for Environmentally Friendly Farming".
- [8] S. Dosaka, "Prototype for Product Validation Process of IoT System," *Int. J. Internet Things*, vol. 7, no. 2, pp. 23–29, 2018, doi: 10.5923/j.ijit.20180702.01.
- [9] P. Studi *et al.*, "Pemanfaatan Teknologi Internet of Things Tingkat Dua pada Robot Peracik Bumbu Rumahan Berbasis Android Pemanfaatan Teknologi Internet of Things Tingkat Dua pada Robot Peracik Bumbu Rumahan Berbasis Android," 2024.
- [10] B. Sudrajat, "Rancang bangun Sistem Informasi Manajemen Asset berbasis WEB," *J. Inov. Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 100–109, 2020, doi: 10.51170/jiii.v5i2.92.