

Terbit online pada laman: <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST>

Jurnal Surya Teknika

| ISSN (Print) 2354-6751 | ISSN (Online) 2723-7222 |



Research Article

Implementasi Sistem *Hybrid* Monitoring dan Penstabilan pH Air Tambak Udang Vaname Berbasis ESP32 dengan Metode *Fuzzy Mamdani*

Achmad Cahya Handinata *, Alfi Zuhriya Khoirunnisaa

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diserahkan : 12 Mei 2026
 Diterima : 4 Juni 2026
 Diterbitkan : 15 Juni 2026

KATA KUNCI

ESP32, *Fuzzy Mamdani*, IoT, Udang Vaname.

KORESPONDENSI

*E-mail: handinata2609@gmail.com

A B S T R A K

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan komoditas ekspor bernilai tinggi yang sangat mempengaruhi kualitas air tambak, khususnya parameter pH dan suhu. Pengelolaan pH secara konvensional dinilai lambat dan tidak responsif terhadap perubahan mendadak. Penelitian ini merancang sistem hybrid monitoring dan penstabilan pH air tambak secara otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan logika fuzzy Mamdani. Sistem mengintegrasikan sensor pH, suhu MAX6675, dan ultrasonik HC-SR04 sebagai input, serta pompa pembuangan dan motor servo sebagai aktuator. Mode hybrid memungkinkan sistem beroperasi offline maupun online melalui platform Blynk. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata error sensor suhu dan pH sebesar 0,91%, serta sensor ultrasonik 0,098%. Pengujian logika fuzzy menghasilkan kesesuaian 100% pada 10 data uji. Sistem ini diharapkan meningkatkan efisiensi pengelolaan kualitas air dan mengurangi risiko kematian udang akibat perubahan pH yang mendadak.

A B S T R A C T

Whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) is a high-value export commodity that significantly impacts pond water quality, particularly pH and temperature parameters. Conventional pH management is considered slow and unresponsive to sudden changes. This study designed a hybrid system for monitoring and stabilizing pond water pH automatically using an ESP32 microcontroller with Mamdani fuzzy logic. The system integrates pH sensors, MAX6675 temperature sensors, and HC-SR04 ultrasonic sensors as inputs, as well as a drain pump and servo motor as actuators. The hybrid mode allows the system to operate offline or online through the Blynk platform. Test results showed an average error of 0.91% for the temperature and pH sensors, and 0.098% for the ultrasonic sensor. Fuzzy logic testing resulted in 100% agreement on 10 test data sets. This system is expected to improve the efficiency of water quality management and reduce the risk of shrimp mortality due to sudden pH changes.

1. PENDAHULUAN

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan spesies introduksi yang memiliki nilai ekonomi tinggi karena menjadi komoditas ekspor yang banyak diminati pasar internasional. Spesies ini

juga dikenal dengan nama *Penaeus vannamei* dan memiliki sebutan berbeda di beberapa negara Asia, seperti udang hawaii, udang meksiko atau ekuador, *udang puteh* di Malaysia, serta *khung kao* di Thailand. Di Indonesia, udang vaname mulai diperkenalkan pada tahun 2001 dan pertama kali

dibudidayakan di wilayah tambak Banyuwangi dan Situbondo, Jawa Timur. Seiring perkembangan teknologi, sistem pembesaran udang vaname terus mengalami inovasi untuk meningkatkan hasil produksi secara optimal [1].

Kualitas air dalam budidaya udang vaname harus diperhatikan dengan serius, terutama saat udang tumbuh besar, karena pengelolaan air yang baik sangat penting. Jika kualitas air diabaikan, udang menjadi mudah sakit dan risiko kegagalan budidaya meningkat [2]. Salah satu faktor penting dalam budidaya udang dengan pola intensif adalah kualitas air yang bersifat dinamis dan mengalami fluktuasi sepanjang waktu. Parameter kualitas air yang baik akan menjaga kestabilan lingkungan budidaya, sementara kondisi sebaliknya dapat mengganggu proses tersebut. Oleh karena itu, menjaga kualitas air yang stabil dan sesuai dengan standar mutu adalah hal krusial yang harus diperhatikan oleh petambak udang agar budidaya dapat berjalan dengan optimal [3].

Perkembangan teknologi yang ditandai dengan hadirnya Internet of Things (IoT) menyebabkan segala proses menjadi lebih cepat dan tepat, serta fokus pada tampilan data lokal atau platform IoT konvensional [4]. Keterhubungan antara perangkat-perangkat melalui internet mengubah cara kerja menjadi lebih efisien dan efektif. IoT memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan data secara real-time, dengan internet sebagai pendukung utama pelaksanaan sistem operasional IoT. Selain itu, teknologi monitoring kualitas air berbasis IoT juga telah berkembang pesat, dimana pengendalian dilakukan melalui perangkat mobile yang terhubung dengan jaringan Wi-Fi atau data seluler [5]. Namun, tantangan besar masih dihadapi di banyak daerah pedesaan dan terpencil, di mana akses internet dan pasokan listrik yang tidak stabil membatasi pemanfaatan optimal perangkat IoT. Ketidakstabilan koneksi internet membuat fungsi alat IoT tersebut tidak dapat dijalankan secara maksimal. Selain itu, keterbatasan pasokan listrik di daerah terpencil juga menjadi penghambat dalam penerapan teknologi ini secara luas. Ketidakterdediaan infrastruktur yang memadai tidak hanya menghalangi pemanfaatan perangkat pintar ini, tetapi juga membatasi akses petani ke platform digital sebagai sarana pemasaran produk yang lebih efektif. Oleh karena itu, walaupun teknologi IoT memiliki potensi besar apabila diterapkan di wilayah dengan infrastruktur yang

baik, keterbatasan jaringan internet dan listrik di pedesaan masih menjadi hambatan serius untuk pengadopsian teknologi tersebut secara efektif [6].

Sistem ini menggunakan sensor pH yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32., sehingga mampu menjaga kestabilan pH secara efisien tanpa perlu intervensi manual [7]. Sistem ini dilengkapi fitur *hybrid* monitoring yang mendukung pemantauan *offline* maupun *online*, sehingga data tetap dapat diakses secara real-time atau saat koneksi internet terputus, meningkatkan fleksibilitas dan keandalan pengelolaan. Mode *offline* beroperasi sepenuhnya otomatis tanpa intervensi manusia, sedangkan mode *online* memungkinkan akses manual oleh pengguna.

Dalam proses pengendalian pH air tambak secara konvensional, petani tambak biasanya melakukan penggantian air secara manual ketika pH berada kisaran 7,5 hingga 8,5. Proses ini membutuhkan waktu, tenaga, dan tidak dapat dilakukan secara cepat ketika terjadi perubahan pH secara tiba-tiba. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem otomatis yang mampu melakukan stabilisasi pH melalui pengelolaan sirkulasi air, yaitu dengan membuang sebagian air ketika pH terlalu ekstrem dan memasukkan air baru untuk menormalkannya [8]. Mekanisme ini dapat dilakukan menggunakan dua pompa air. Pompa pertama diaktifkan untuk membuang air tambak ketika sensor pH mendeteksi kondisi basa dan suhu berada di 28–32°C, sementara pompa kedua beroperasi memasukkan air pengganti guna menstabilkan kembali pH dan suhu. Pompa kedua ini dikontrol oleh sensor ultrasonik yang memicu aktivasi saat level air menurun dan kondisi air kembali normal. Jika pH berada pada kondisi asam, motor servo akan aktif sehingga sistem melakukan proses pembuangan pupuk. Sistem yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode Rancang Bangun dan Eksperimen, dengan penerapan logika *fuzzy* Mamdani untuk menentukan besaran aksi kendali pompa dan motor servo secara lebih halus dan adaptif berdasarkan kombinasi nilai pH, suhu, dan ultrasonik yang terukur.

Dengan uraian latar belakang di atas, adapun kebaruan penelitian dalam pengembangan sistem *hybrid* monitoring penstabilan pH air tambak yaitu sistem monitoring menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sumber daya baterai 12v menggunakan metode Rancang Bangun dan Eksperimen. Pendekatan *hybrid* ini memungkinkan sistem tetap

memberikan peringatan kritis meskipun koneksi internet tidak stabil, sehingga keandalan monitoring tetap terjaga. Selain itu, integrasi antara sensor pH, aktuator pengatur kualitas air, serta platform Blynk menghasilkan alur pengendalian yang lebih responsif dan real-time, sehingga mampu meningkatkan efisiensi manajemen kualitas air tambak secara keseluruhan. Dengan adanya sistem monitoring *hybrid* ini diharapkan dapat mengurangi risiko kematian budidaya udang vaname akibat perubahan kualitas air yang mendadak

2. METODOLOGI

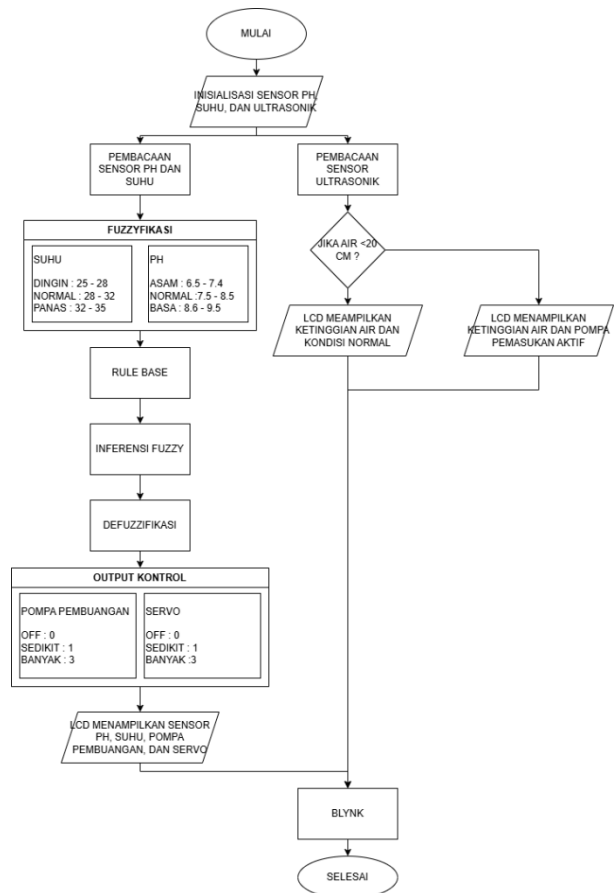
Penelitian ini menggunakan pendekatan rancang bangun prototipe dengan metode eksperimen untuk mengembangkan sistem penstabil pH air tambak otomatis. Studi literatur dilakukan melalui tinjauan jurnal, artikel ilmiah, buku, dan sumber daring terkait sensor, aktuator, ESP32, serta logika fuzzy Mamdani.

Flowchart Gambar 1 menggambarkan alur kerja lengkap sistem penstabil pH dan tinggi air tambak berbasis logika *fuzzy*. Proses dimulai dari inisialisasi sensor pH, sensor suhu, dan sensor ultrasonik, kemudian program masuk ke tahap pembacaan sensor yang dibagi menjadi dua jalur utama, yakni jalur pH–suhu dan jalur ketinggian air. Pada jalur pertama, nilai pH dan suhu yang terbaca menjadi input utama bagi pengolahan logika fuzzy, sedangkan pada jalur kedua, data sensor ultrasonik digunakan langsung untuk mengendalikan pompa pemasukan air berdasarkan batas kurang dari 20 cm.

Bagian *fuzzy* pada flowchart menunjukkan bahwa nilai suhu dan pH difuzzifikasi ke dalam tiga himpunan linguistik masing-masing, misalnya suhu dengan kategori dingin (25–28 °C), normal (28–32 °C), dan panas (32–35 °C), serta pH dengan kategori asam (6,5–7,4), normal (7,5–8,5), dan basa (8,6–9,5). Hasil fuzzifikasi ini kemudian diproses di blok *rule base* dan inferensi *fuzzy* untuk menggabungkan aturan *IF–THEN* yang sudah dirancang, lalu melalui tahap defuzzifikasi diubah menjadi nilai tegas yang merepresentasikan tingkat aksi kontrol. Nilai tersebut menjadi dasar penentuan output kontrol untuk dua aktuator, yaitu pompa pembuangan dan motor servo, dengan tiga level aksi: OFF bernilai 0, SEDIKIT bernilai 1, dan BANYAK bernilai 3.

Pada jalur ketinggian air, *flowchart* memperlihatkan pengambilan keputusan sederhana berdasarkan batas 20 cm. Jika hasil pembacaan

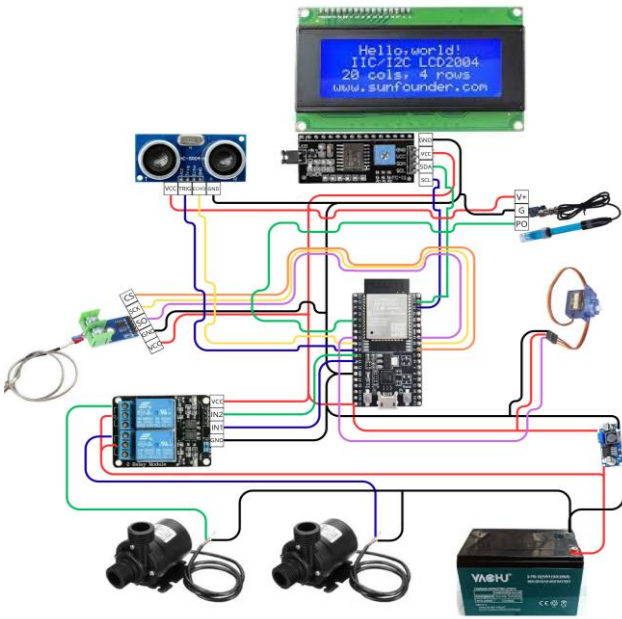
sensor ultrasonik menunjukkan tinggi air kurang dari 20 cm, LCD akan menampilkan informasi ketinggian air dan sistem mengaktifkan pompa pemasukan hingga level air kembali normal. Jika tinggi air tidak kurang dari batas tersebut, LCD hanya menampilkan informasi ketinggian air dan kondisi normal tanpa menyalakan pompa pemasukan. Setelah kedua jalur (logika *fuzzy* untuk pH, suhu dan ultrasonik) menghasilkan keputusan, LCD menampilkan nilai sensor pH, suhu, status pompa pembuangan, dan motor servo, lalu data dikirim ke aplikasi Blynk untuk keperluan monitoring sebelum alur berakhir di blok selesai dan kembali berulang secara kontinu.



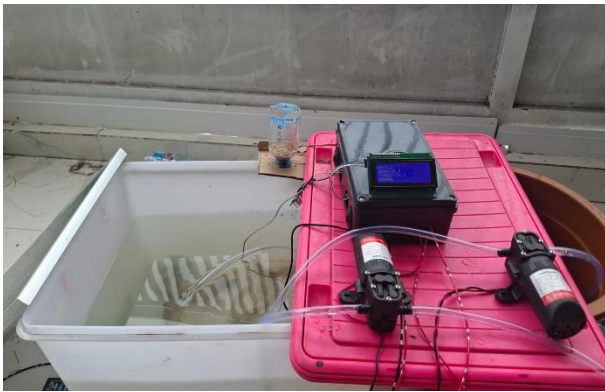
Gambar 1. Flowchart Kerja Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan berdasarkan hasil pengujian prototipe sistem hybrid monitoring dan penstabilan pH oleh peneliti untuk parameter sensor dan performa kontrol fuzzy Mamdani.



Gambar 2. Diagram Wiring



Gambar 3. Alat kontrol suhu, pH dan ultrasonik

Wiring diagram merupakan penggambaran konfigurasi pin ESP32 untuk integrasi sensor (pH, suhu MAX6675, ultrasonik HC-SR04), aktuator (pompa DC 12V, servo SG90), relay, LCD I2C, dan koneksi panel surya. Diagram ini memudahkan perakitan prototipe dan analisis troubleshooting sistem hybrid monitoring pH tambak udang vaname. Pengujian dilakukan bertahap:

1. Pengujian sensor suhu, ph, dan ultrasonik
2. Pengujian Alat Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani
3. Pengujian Alat Menggunakan Metode ON-OFF
4. Pengujian Sistem Pada Aplikasi Blynk
5. Analisis Konsumsi Energi dan Perbandingan Sistem

3.1. Pengujian sensor

3.1.1. Sensor suhu

Sensor MAX6675 ini berfungsi sebagai pembaca suhu pada tambak Udang (prototipe). Pengujian pada sensor MAX6675 ini dilakukan dengan membandingkan dengan alat ukur merk Taffware type HTC 02 yang diletakkan didalam air untuk mengetahui dan melakukan proses kalibrasi pada sensor MAX6675.

Tabel 1.
Pengujian Sensor Suhu

No	Waktu	DATA HASIL		
		Taffware HTC-2 (Kalibrator) °C	MAX6675 (Alat) °C	Error %
1	09:12:42	28.9	28.7	0.7%
2	09:12:47	28.9	28.7	0.7%
3	09:12:51	28.9	28.6	1.4%
4	09:12:56	28.9	28.7	0.7%
5	09:13:01	28.9	28.6	1.4%
6	09:13:06	28.9	28.6	1.4%
7	09:13:10	28.9	28.9	0%
8	09:13:15	28.9	28.7	0.7%
9	09:13:19	28.9	28.6	1.4%
10	09:13:24	28.9	28.7	0.7%
Rata-rata		28.9	28.63	0.91%

Hasil dari pengukuran suhu dapat di lihat pada Tabel 1 pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai selisih 0,27, didapatkan dari | Avg HTC2 (28,9) – Avg MAX6675 (28,63) |. Untuk mencari kalibrasi sensor di gunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{Avg HTC2} - \text{Avg MAX6675}}{\text{Avg HTC2}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{28.9 - 28.63}{28.9} \right| \times 100\% = 0.91\%$$

3.1.2. Sensor Ph

Sensor pH ini berfungsi sebagai pembaca nilai kadar pH, pH air bisa mempengaruhi fisiologi Udang. Pengujian diletakkan didalam air yang

dibandingkan dengan alat ukur pH meter type ATC, untuk proses kalibrasi dilakukan sebanyak 10 kali percobaan.

Tabel 2.
Pengujian Sensor pH

No	Waktu	DATA HASIL		
		pH meter (Kalibrator)	Sensor pH (Alat)	Error %
1	09:21:04	7.7	7.6	1.3%
2	09:21:09	7.7	7.7	0%
3	09:21:14	7.7	7.7	0%
4	09:21:18	7.7	7.5	2.6%
5	09:21:23	7.7	7.7	0%
6	09:21:28	7.7	7.7	0%
7	09:21:31	7.7	7.5	2.6%
8	09:21:36	7.7	7.6	1.3%
9	09:21:40	7.7	7.6	1.3%
10	09:21:44	7.7	7.7	0%
Rata-rata		7.7	7.63	0.91%

Hasil dari pengukuran suhu dapat di lihat pada Tabel 2 pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai selisih 0.07, didapatkan dari | Avg pH meter (7,7) – Avg Sensor pH (7,63) |. Untuk mencari kalibrasi sensor di gunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{Avg pH meter} - \text{Avg sensor pH}}{\text{Avg pH meter}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{7.7 - 7.63}{7.7} \right| \times 100\% = 0.91\%$$

Dari data Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa sensor pH mempunyai rata – rata nilai kesalahan sebesar 0,91%.

3.1.3. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi sebagai pembaca ketinggian/level air, yang mempengaruhi volume air dan sirkulasi untuk penstabilan pH udang vaname. Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak ke permukaan air yang dibandingkan dengan penggaris/ruler standar, untuk proses kalibrasi dilakukan sebanyak 10 kali percobaan.

Tabel 3.
Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Waktu	DATA HASIL		
		Penggaris (cm)	Sensor Ultrasonik (Alat)	Error %
1	09:42:13	20.3	20.3	0%
2	09:42:18	20.3	20.3	0%
3	09:42:22	20.3	20.3	0%
4	09:42:27	20.3	20.2	0.49%
5	09:42:31	20.3	20.3	0%
6	09:42:36	20.3	20.3	0%
7	09:42:41	20.3	20.3	0%
8	09:42:46	20.3	20.3	0%
9	09:42:52	20.3	20.2	0.49%
10	09:42:56	20.3	20.3	0%
Rata-rata		20.3	20.28	0.098%

Hasil dari pengukuran level air dengan sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 3. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali dengan dibandingkan penggaris sebagai alat kalibrasi standar. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai selisih rata-rata 0,02 cm. didapatkan dari | Avg Penggaris (20.3) – Avg Ultrasonik (20.28) |. Untuk mencari kalibrasi sensor di gunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{Avg Penggaris} - \text{Avg ultrasonik}}{\text{Avg Penggaris}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{20.3 - 20.28}{20.3} \right| \times 100\% = 0.098\%$$

3.2. Pengujian Alat Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Untuk pengujian alat menggunakan metode fuzzy mamdani hanya mencakup sensor pH, sensor suhu, pompa pembuangan dan motor servo, hal ini disebabkan jika pH berada di asam maka servo aktif jika pH masuk di basa maka pompa pembuangan yang aktif, berikut adalah hasilnya :

Tabel 4.
Pengujian Alat Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

No	INPUT		OUTPUT		LCD	HASIL
	pH	Suhu	Pompa	Servo		
1	7.7	29	0	0	√	Sesuai
2	7.2	30	0	√	√	Sesuai

No	INPUT		OUTPUT		LCD	HASIL
	pH	Suhu	Pompa	Servo		
3	8.3	28	0	0	√	Sesuai
4	8.8	29	√	0	√	Sesuai
5	7.8	31	0	0	√	Sesuai
6	6.3	27	0	√	√	Sesuai
7	9.0	30	√	0	√	Sesuai
8	8.4	31	0	0	√	Sesuai
9	7.9	29	0	0	√	Sesuai
10	6.2	35	0	√	√	Sesuai

Dari Tabel 4 Pengujian Alat Menggunakan metode Fuzzy Mamdani, sesuai dengan metodenya jika ph masuk di asam maka servonya yang aktif, jika normal (7.5-8.5) maka pompa dan servo tidak akan aktif, jika ph masuk di basa maka pompanya yang aktif.

Tabel 5.

Himpunan Variabel Input fuzzy pH Air

Himpunan Fuzzy pH Air	Rentang Ambang Batas
Asam	6,5 – 7,4
Normal	7,5 – 8,5
Basa	8,6 – 9,5

Tabel 6.

Himpunan Variabel Input fuzzy Suhu

Himpunan Fuzzy Suhu	Rentang Ambang Batas
Dingin	25 – 28
Normal	28 – 32
Panas	32 – 35

Tabel 7.

Himpunan Variabel Output fuzzy Pompa

Himpunan Fuzzy Pompa	Rentang Waktu (Detik)
Off	0
Sedikit	1 Detik
Banyak	3 Detik

Tabel 8.

Himpunan Variabel Output fuzzy Motor Servo

Himpunan Fuzzy Motor Servo	Rentang Waktu (Detik)
Off	0
Sedikit	1 Detik
Banyak	3 Detik

Tabel 9.

Inferensi Rule pH dan suhu Fuzzy Mamdani

INPUT		OUTPUT	
PH	SUHU	POMPA	SERVO
Asam	Dingin	Off	Sedikit
Asam	Normal	Off	Sedikit
Asam	Panas	Off	Banyak
Normal	Dingin	Sedikit	Off
Normal	Normal	Off	Off
Normal	Panas	Sedikit	Off
Basa	Dingin	Sedikit	Off
Basa	Normal	Sedikit	Off
Basa	Panas	Banyak	Off

3.3. Pengujian Alat Menggunakan Metode ON-OFF

Untuk Pengujian Alat Menggunakan Metode ON-OFF itu hanya menggunakan 2 alat yaitu Sensor Ultrasonik dan Pompa pemasukan, untuk pengujiannya sebagai berikut :

Tabel 10.

Pengujian Alat Menggunakan Metode ON-OFF

No	Ultrasonik	Pompa	LCD	Hasil
1	20.0	0	√	Sesuai
2	20.3	0	√	Sesuai
3	20.8	0	√	Sesuai
4	20.6	0	√	Sesuai
5	19.8	√	√	Sesuai
6	19.7	√	√	Sesuai
7	20.1	0	√	Sesuai
8	20.2	0	√	Sesuai
9	19.9	√	√	Sesuai
10	20.5	0	√	Sesuai

Dari Tabel 10 Pengujian Alat Menggunakan Metode ON-OFF Sesuai dengan metode ON-OFF hal ini dikarenakan jika jarak < 20 cm maka pompa pemasukan aktif.

3.4. Pengujian Sistem Pada Aplikasi Blynk

Pengujian aplikasi Blynk dilakukan untuk memverifikasi fungsi hybrid monitoring mode online sistem, meliputi update data sensor secara real-time dan kontrol manual pompa dan servo dari jarak jauh melalui smartpone. Pengujian mencakup koneksi WiFi ESP32, sinkronisasi data pH, suhu, dan ultrasonik, serta respon tombol kontrol aktuator.

Tabel 11.
Pengujian Sistem Pada Aplikasi Blynk

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil
1	Koneksi ESP32 ke Wifi	ESP 32 Dapat Terhubung ke Jaringan Internet	Sukses
2	ESP32 ke Blynk	ESP32 Berhasil Berkomunikasi dengan Blynk	Sukses
3	Pemantauan Data dari Sensor	Blynk Menampilkan Nilai dari Masing – masing Sensor	Sukses
4	Pengujian Kendali Output	Pompa Dikendalikan Melalui Joystick pada Aplikasi Blynk	Sukses

Hasil pengujian pada Tabel 11 menunjukkan bahwa ESP32 berhasil terhubung ke Blynk, data sensor dapat ditampilkan secara real-time, dan pompa dapat dikendalikan melalui aplikasi. Dengan demikian, sistem monitoring dan pengendalian jarak jauh telah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 4. Blynk

Gambar 4.1 memperlihatkan tampilan aplikasi Blynk sebagai media monitoring dan kendali jarak jauh pada sistem hybrid. Tampilan ini menampilkan data sensor secara real-time serta mendukung pengendalian pompa dan servo melalui smartphone.

3.5. Analisis Konsumsi Energi dan Perbandingan Sistem

Tabel 12.
Analisis Konsumsi Energi Sistem

Komponen	Daya(W)	Kondisi Operasi
ESP32	1,2	Aktif terus

LCD 20x4	0,2	Aktif terus
Sensor pH	0,05	Aktif terus
MAX6675	0,05	Aktif terus
HC-SR04	0,1	Aktif terus
Relay	0,4	Aktif terus
Servo SG90	1,0	Saat pH asam
Pompa Pemasukan	6,0	Saat tinggi air < 20 cm
Pompa Pembuangan	6,0	Saat pH basa
Total Maksimum	15 W	Semua aktuator aktif

Berdasarkan hasil perhitungan, konsumsi daya maksimum sistem mencapai 15 W apabila seluruh komponen bekerja secara bersamaan. Namun pada kondisi aktual, servo dan pompa hanya aktif ketika kondisi tertentu terdeteksi sehingga konsumsi daya rata-rata sistem lebih rendah dibandingkan konsumsi daya maksimum.

Tabel 13.
Perbandingan Sistem

Aspek	Sistem Konvensional	Sistem Usulan
Monitoring pH	Pengukuran manual	Monitoring otomatis
Monitoring suhu	Pengukuran manual	Monitoring otomatis
Monitoring tinggi air	Pengamatan manual	Monitoring otomatis
Pengendalian kualitas air	Dilakukan operator	Dilakukan otomatis oleh sistem
Monitoring jarak jauh	Tidak tersedia	Tersedia melalui Blynk
Respon terhadap perubahan kondisi air	Bergantung operator	Otomatis dan real-time

Berdasarkan Tabel 13 sistem yang diusulkan memiliki keunggulan dibandingkan metode konvensional karena mampu melakukan monitoring pH, suhu, dan tinggi air secara otomatis. Selain itu, sistem dapat melakukan pengendalian kualitas air secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan sensor. Integrasi dengan aplikasi Blynk juga memungkinkan pemantauan kondisi tambak secara real-time sehingga meningkatkan efisiensi proses monitoring dan mengurangi kebutuhan pengecekan manual oleh operator.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pembahasan, sistem hybrid monitoring dan penstabilan pH air tambak udang vaname berbasis ESP32 telah berhasil dirancang sebagai prototipe yang mampu memantau kondisi air secara real-time serta memberikan respon kendali secara otomatis maupun manual. Pengujian menunjukkan bahwa sensor pH, sensor suhu, dan sensor ultrasonik dapat bekerja dengan baik setelah proses kalibrasi, sehingga layak digunakan sebagai input sistem. Selain itu, metode fuzzy Mamdani yang diterapkan pada sistem mampu mengendalikan pompa pembuangan dan motor servo secara lebih adaptif terhadap perubahan kondisi air, sehingga proses penstabilan pH menjadi lebih efektif. Integrasi dengan aplikasi Blynk juga membuat sistem dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh, sehingga konsep hybrid offline dan online dapat berjalan sesuai tujuan penelitian.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan metode machine learning untuk menganalisis data pH, suhu, dan level air secara lebih adaptif sehingga proses monitoring dan pengendalian menjadi lebih cerdas. Selain itu, pengujian pada skala tambak yang lebih besar serta penggunaan sensor dengan spesifikasi yang lebih tinggi dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan akurasi pembacaan data dan kestabilan sistem. Fitur pencatatan data otomatis juga dapat ditambahkan sebagai basis data pelatihan dan evaluasi pada penerapan machine learning di tahap berikutnya[9].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Yustiati, Y. Andriani, and Anggi Nugraha, "Pembesaran Udang Vannamei Pada Berbagai Sistem Akuakultur," *Journal of Fish Nutrition*, vol. 2, no. 1, pp. 26–36, 2022.
- [2] Saeful Bahri and Ridwan, "Monitoring dan Pengaturan Oksigen Terlarut untuk Menjaga Kualitas Air pada Budidaya Udang Vannamei Berbasis Logika Fuzzy," *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 4, no. 2, pp. 111–120, 2019.
- [3] Y. Yunarty, A. Kurniaji, B. Budiayati, D. P. Renitasari, and M. Resa, "Karakteristik Kualitas Air dan Performa Pertumbuhan Udang Vaname Pola Intensif," *Pena Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, vol. 21, no. 1, p. 71, 2022.
- [4] S. Baiturrohman and Z. Khoirunnisa, "Design and Development of a Non-Invasive Blood Glucose Level Measurement Device Based on Arduino Uno and Near-Infrared (NIR) Sensor," vol. 10, no. 1, 2026, doi: 10.22373/crc.v10i1.33833.
- [5] I. N. Tri Anindia Putra, I. G. Made Ngurah Desnanjaya, P. Krishna Gangga Saputra, and K. Sri Ayu Astuti, "Perancangan Sistem Monitoring Ketersediaan Air Otomatis menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (Jikomsi)*, vol. 6 No.3, pp. 154–164, 2023.
- [6] F. Ahmad Nasution, Muthmainnah, S. Asria Nanda, Fadliani, T. Muhammad Ridwan, and N. ZA, "Peran Internet Of Thing (Iot) Dalam Perkembangan Teknologi Untuk Petani Garam Tambak Ujung Pusong Jaya," *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, vol. 3, no. 2, pp. 410–420, 2024.
- [7] D. G. Devi, W. Musa, and S. Abdussamad, "Rancang Bangun Sistem Pengontrol dan Monitoring pH Air Hidroponik Menggunakan Aplikasi Blynk," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 57–62, 2024, doi: 10.37905/jjee.v6i1.20827.
- [8] Nurlaili, Suryati, Murtadhahadi, and Nasri, "Perancangan Sistem Kontrol Kualitas Air Pada Budidaya Udang Vaname Dengan Menggunakan Aktuator Untuk Regulasi Air dan Aerasi Udara," *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 8, no. 1, pp. 113–121, 2025, [Online]. Available: <https://e-journal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/6757>
- [9] B. D. Saputra and A. Z. Khoirunnisaa, "Klasifikasi Penggunaan Listrik Rumah Tangga Menggunakan Metode Algoritma C4.5, Random Forest, Dan SVM pada PT. PLN ULP Benjeng," *Journal Of Social Science Research*, vol. 5 Nomor 4 Tahun 2025, pp. 8579–8592, 2025, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>