



Sistem Pengendalian Suhu dan pH Air pada Budidaya Lobster Air Tawar Berbasis IoT

Nur Afiyat^{1*}, Iskhaq Jailani²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Qomaruddin, Indonesia
Jalan Raya Bungah No. 01, Gresik 61152, Jawa Timur
E-Mail *: nurafiyat@uqgresik.ac.id

ABSTRACT

The IoT-based water temperature and pH control system for freshwater lobster farming was developed to ensure optimal environmental conditions for the growth and survival of lobsters. This study utilizes a DS18B20 temperature sensor and an RDD-AFE-001 pH sensor, integrated with the NodeMCU ESP8266 microcontroller, enabling real-time water quality monitoring and control via the Blynk application. The system is designed to automate temperature and pH regulation using a Peltier module for cooling and acidic and alkaline buffer pumps for pH stabilization. Testing was conducted in three scenarios with setpoints of 24°C, 27°C, and 30°C for temperature and 6, 7.5, and 8 for pH. The results indicate that the system successfully maintains temperature stability, with an average deviation of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ to $\pm 2^{\circ}\text{C}$ compared to a manual thermometer. However, pH control still exhibits fluctuations, with an average deviation of ± 0.3 . The scenario with 30°C and pH 8 demonstrated the highest stability, resulting in the lowest lobster mortality rate (10%), whereas the scenario with 24°C and pH 6 showed the highest mortality rate (37.5%), likely due to pH fluctuations. Quality of Service (QoS) testing revealed an average data transmission delay of 4.67 ms, which falls into the excellent category. These findings suggest that the developed system has the potential to enhance the efficiency of freshwater lobster farming through more accurate and responsive remote monitoring, although further optimization of pH control is required to maintain aquaculture environmental stability.

Keywords : IoT, freshwater lobster farming, temperature control, pH control, Blynk.

ABSTRAK

Sistem pengendalian suhu dan pH air berbasis IoT untuk budidaya lobster air tawar dikembangkan guna memastikan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup lobster. Penelitian ini menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor pH RDD-AFE-001 yang terintegrasi dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, memungkinkan pemantauan dan pengendalian kualitas air secara *real-time* melalui aplikasi Blynk. Sistem ini dirancang untuk mengotomatisasi pengaturan suhu dan pH dengan aktuator modul *Peltier* untuk pendinginan serta pompa *buffer* asam dan basa untuk stabilisasi pH. Pengujian dilakukan dalam tiga skenario dengan *setpoint* suhu 24°C, 27°C, dan 30°C serta pH 6, 7,5, dan 8. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu dalam kisaran stabil dengan selisih rata-rata $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ hingga $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dibandingkan thermometer manual. Namun, pengendalian pH masih mengalami fluktuasi, dengan deviasi rata-rata $\pm 0,3$. Skenario dengan suhu 30°C dan pH 8 menunjukkan tingkat kestabilan terbaik dengan angka kematian lobster terendah (10%), sedangkan pada suhu 24°C dan pH 6, tingkat kematian tertinggi (37,5%) terjadi akibat fluktuasi pH. Pengujian *Quality of Service* (QoS) menunjukkan rata-rata *delay* pengiriman data sebesar 4,67 ms, yang masuk dalam kategori sangat baik. Dengan hasil ini, sistem yang dikembangkan berpotensi meningkatkan efisiensi budidaya lobster air tawar melalui pemantauan jarak jauh yang lebih akurat dan responsif, meskipun masih memerlukan optimasi lebih lanjut pada pengendalian pH untuk menjaga stabilitas lingkungan akuakultur.

Kata Kunci : IoT, budidaya lobster air tawar, pengendalian suhu, pengendalian pH, Blynk.



1. PENDAHULUAN

Lobster air tawar (*Cherax Quadricarinatus*) memiliki nilai ekonomi tinggi dan potensial untuk dibudidayakan. Namun, budidaya lobster ini menghadapi tantangan besar terkait kualitas air, yang sangat memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya (Astiyani dkk., 2024) (Effendi, 2024). Lobster air tawar hidup di lingkungan air mengalir yang jernih dan sangat sensitif terhadap perubahan kualitas lingkungan, terutama tingkat kekeruhan, suhu, dan pH (Ma'ady, 2022) (Sopandi dkk., 2023). Jika kualitas air memburuk, produktivitas bisa menurun drastis atau bahkan menyebabkan kematian massal. Rentang suhu ideal untuk pertumbuhan lobster adalah 22–25°C, dan pH yang stabil antara 7–8 (Effendi, 2024).

Lobster air tawar memiliki siklus hidup unik yang tidak melewati fase larva, sehingga kualitas lingkungan sejak dini sangat penting (Setiawan, 2020) (Sopandi dkk., 2023). Penelitian oleh (Faris dkk., 2023) menemukan bahwa suhu yang terlalu tinggi, seperti 30°C, menurunkan tingkat kelangsungan hidup secara signifikan. Sayangnya, banyak pembudidaya belum memiliki sistem kontrol suhu dan pH yang presisi. Di sisi lain, infrastruktur teknologi yang belum merata, serta minimnya pemahaman terhadap solusi berbasis teknologi, juga menjadi kendala utama dalam penerapan otomatisasi (Aliyah dkk., 2025) (Yusri dkk., 2024). Keterbatasan respons cepat dalam pemantauan juga sering menyebabkan keterlambatan penanganan (Hadikusuma dkk., 2023).

Berbagai solusi teknologi telah dikembangkan. Ma'ady (2022) membuat sistem monitoring kualitas air (TDS, DO, suhu, pH) berbasis ESP32 dan machine learning. (Olanubi dkk., 2024) mengembangkan sistem IoT dengan notifikasi WhatsApp yang dapat membaca suhu, pH, dan kekeruhan secara *real-time*. (Nayoun dkk., 2024) menciptakan sistem berbasis Arduino IoT *Cloud* untuk otomatisasi kontrol kualitas air dari jarak jauh. Di sisi lain, (Ramdani, 2020) menggunakan NodeMCU dan Telegram untuk monitoring suhu dan pH. Studi lain oleh (Alwansyah & Fahrurrozi, 2024) dan (Chuzaini & Dzulkifli, 2022) menerapkan teknologi serupa untuk tambak udang vaname dan kolam ikan. (Rachman & Ariandi, 2023) memanfaatkan kontrol PID untuk menjaga kestabilan pH dengan akurasi tinggi.

Penerapan IoT dalam akuakultur membawa banyak keuntungan: efisiensi operasional, pemantauan *real-time*, dan kendali otomatis (Sabran & Rusfian, 2023) (Octaviani & Paramytha, 2024). Namun, tantangannya masih ada. Beberapa sistem memiliki latensi tinggi dan bergantung pada jaringan Wi-Fi yang tidak selalu stabil (Nayoun dkk., 2024) (Ramdani, 2020). Beberapa pendekatan menggunakan protokol MQTT (Machrudin dkk., 2023) atau sensor dengan sistem adaptif (Kushendar, 2024), namun tetap terbatas jangkauannya. Solusi berbasis website atau *cloud* juga membutuhkan koneksi internet yang baik (Albaab dkk., 2023) (Muyasaroh dkk., 2025). Di sisi lain, solusi seperti

ZigBee (Ansarullah & Nurwarsito, 2022) atau wireless sensor berbasis PLC (Pauzi dkk., 2020) memang menjanjikan stabilitas, namun memerlukan biaya dan pengetahuan teknis yang lebih tinggi. Selain itu, kualitas layanan sistem IoT seperti kecepatan data dan reliabilitas koneksi juga menjadi tantangan tersendiri yang perlu diperhitungkan (Enda dkk., 2021).

Penelitian ini mengusulkan sistem pengendalian suhu dan pH berbasis IoT yang memanfaatkan sensor DS18B20 dan pH RDD-AFE-001, serta aplikasi Blynk untuk monitoring dari perangkat Android. Dengan sistem ini, suhu dan pH air dapat dikontrol otomatis sesuai parameter optimal (22–25°C dan pH 7–8), yang sangat penting bagi budidaya lobster air tawar (Faris dkk., 2023) (Effendi, 2024). Pendekatan ini mengintegrasikan keunggulan sistem sebelumnya sambil mengatasi kekurangan yang ada, seperti keterbatasan jangkauan dan keterlambatan respons (Peslinof dkk., 2024) (Kushendar, 2024). Dengan solusi ini, diharapkan produktivitas budidaya meningkat secara signifikan dan risiko kegagalan budidaya dapat ditekan.

2. METODE

Metode penelitian ini mengikuti tahapan yang disajikan dalam Gambar 1, yang mencakup beberapa langkah utama dalam pengembangan sistem pengendalian suhu dan pH air pada pembesaran lobster air tawar berbasis IoT menggunakan Blynk. Tahapan tersebut mencakup studi pustaka, analisis kebutuhan sistem, perancangan mekanik dan elektrik, pengembangan software, integrasi sistem, serta pengujian dan analisis data. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Tahapan pertama dalam penelitian ini adalah studi pustaka, yang bertujuan untuk memahami konsep dasar, teori, serta teknologi yang berkaitan dengan sistem pengendalian kualitas air berbasis IoT. Studi ini dilakukan dengan menelusuri berbagai referensi, termasuk buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu yang relevan. Melalui studi pustaka, diperoleh pemahaman mengenai parameter kualitas air, metode pemantauan, serta penerapan IoT dalam sistem otomatisasi. Hasil dari studi ini digunakan sebagai landasan dalam perancangan dan implementasi sistem guna memastikan efektivitas dan efisiensi dalam pengendalian suhu serta pH air pada budidaya lobster air tawar.

Selanjutnya, dilakukan analisis kebutuhan sistem untuk mengidentifikasi aspek yang diperlukan dalam pengembangan sistem. Analisis ini mencakup pemilihan *hardware*, *software*, serta mekanisme dan topologi jaringan yang digunakan. Dalam tahap ini, kebutuhan utama seperti jenis sensor, mikrokontroler, aktuator, serta *software* yang digunakan untuk pemantauan data ditentukan agar sistem dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Tahapan berikutnya adalah rancang bangun sistem mekanik, yang mencakup desain dan pengaturan tata letak dari komponen utama sistem. Aspek yang diperhatikan dalam tahap ini meliputi volume akuarium, posisi pemasangan sensor, serta peletakan *hardware* lainnya seperti mikrokontroler dan titik akses jaringan. Tujuan dari tahap ini adalah memastikan efisiensi pemantauan dan pengendalian kualitas air.

Setelah perancangan mekanik selesai, dilakukan rancang bangun sistem elektrik, yang berfokus pada desain pengkabelan dan integrasi perangkat elektronik. Sistem ini mencakup penggunaan NodeMCU sebagai mikrokontroler utama, sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu air, serta sensor pH untuk mendeteksi tingkat keasaman air. Selain itu, sistem dilengkapi dengan aktuator *peltier* dan larutan penyangga (*buffer*) untuk menjaga keseimbangan pH dan suhu air secara otomatis. Data dari sensor ditampilkan melalui LCD 16x2 yang telah dikonfigurasi dengan modul I2C.

Tahapan berikutnya adalah penentuan topologi jaringan dan pengembangan *software*, yang mencakup desain komunikasi data antara *hardware* dan sistem pemantauan berbasis IoT. Pada tahap ini, sistem dikonfigurasi agar dapat mengirim dan menerima data melalui aplikasi Blynk secara *real-time*. Pemrograman dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dikirim dari sensor dapat diproses dan ditampilkan pada aplikasi pemantauan dengan akurasi tinggi.

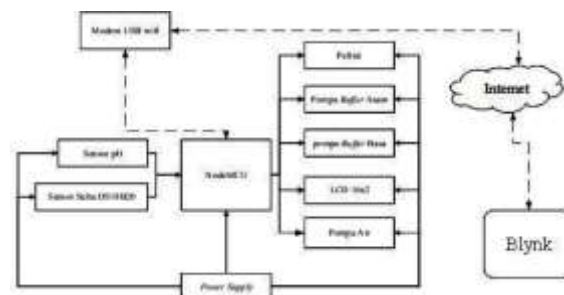
Setelah pengembangan sistem selesai, dilakukan integrasi sistem untuk menghubungkan

hardware dengan software agar sistem dapat bekerja secara optimal. Integrasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian awal untuk memverifikasi apakah data dari sensor dapat dikirim, diproses, dan ditampilkan dengan benar melalui *platform* IoT.

Setelah integrasi berhasil, dilakukan pengujian sistem guna mengevaluasi keakuratan dan keandalan sistem dalam mendeteksi suhu dan pH air. Pengujian ini mencakup pengecekan stabilitas sistem, efektivitas pengendalian parameter, serta respons sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan. Uji coba dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dalam berbagai kondisi yang mungkin terjadi dalam lingkungan budidaya lobster air tawar. Untuk mengevaluasi kecepatan dan efisiensi komunikasi data, dilakukan pengujian *delay* dalam pengiriman data. Pada tahap ini, dilakukan pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data dari sensor ke server IoT. Pengujian ini menggunakan standar TIPHON sebagai acuan dalam menilai tingkat efisiensi dan keandalan sistem dalam mengelola informasi secara *real-time*.

Tahapan berikutnya adalah pengambilan data dan analisis, yang bertujuan untuk mengumpulkan dan mengevaluasi data dari sistem yang telah beroperasi. Data yang diperoleh dibandingkan dengan hasil pengukuran manual untuk menilai keakuratan dan efektivitas sistem. Selain itu, dilakukan analisis terhadap parameter suhu dan pH guna menentukan apakah sistem telah memenuhi standar yang diharapkan dalam budidaya lobster air tawar.

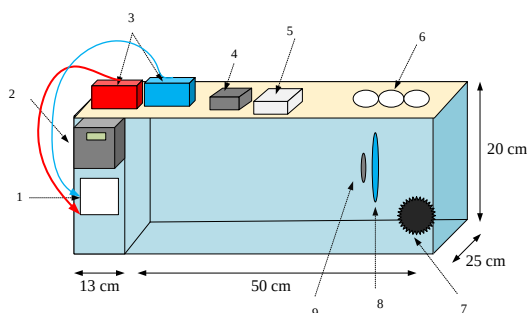
Tahap terakhir adalah kesimpulan, yang bertujuan untuk merangkum hasil penelitian berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan ini mencakup evaluasi kinerja sistem dalam menjaga kualitas air, efektivitas dalam pemantauan berbasis IoT, serta keandalan sistem dalam mengontrol suhu dan pH secara otomatis. Jika sistem telah terbukti berjalan sesuai spesifikasi yang diharapkan, maka penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam otomatisasi budidaya perikanan.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Diagram blok pada Gambar 2 menunjukkan hubungan antar komponen dalam sistem pengendalian suhu dan pH air pada pembesaran lobster air tawar berbasis IoT menggunakan Blynk. Sistem ini dirancang untuk memantau dan mengendalikan kondisi air secara otomatis guna menjaga lingkungan budidaya tetap optimal. *Power supply* (DC) berfungsi sebagai sumber tegangan bagi NodeMCU, sensor suhu DS18B20, sensor pH, peltier, pompa *buffer*, pompa air, dan LCD 16x2. NodeMCU sebagai mikrokontroler utama menerima dan memproses data dari sensor serta mengontrol aktuator berdasarkan hasil pemantauan. Sensor suhu DS18B20 mengukur suhu air akuarium, sementara sensor pH mendeteksi tingkat keasaman air. Data yang diperoleh dikirim ke NodeMCU, yang menampilkan informasi suhu dan pH pada LCD 16x2 serta mengontrol aktuator sesuai kondisi air. Jika suhu melebihi setpoint, peltier aktif menurunkan suhu hingga mencapai batas optimal. Jika pH lebih dari 7, pompa buffer asam bekerja untuk menurunkan pH, sedangkan jika pH kurang dari 7, pompa buffer basa menaikkan pH hingga optimal. Pompa air menjaga sirkulasi air akuarium dan pendinginan *peltier* agar sistem beroperasi dengan baik. Data yang diproses oleh NodeMCU dikirim ke aplikasi Blynk melalui modem USB WiFi, memungkinkan pemantauan *real-time* melalui *smartphone*.

Dengan sistem ini, pengguna dapat mengawasi kondisi air dari jarak jauh serta memastikan lingkungan akuarium tetap berada dalam kondisi ideal untuk pertumbuhan lobster air tawar. Selain itu, otomatisasi sistem ini membantu meningkatkan efisiensi pemeliharaan serta mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual dalam budidaya. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan diagram blok pada Gambar 2 tidak hanya menjelaskan hubungan antar komponen, tetapi juga menggambarkan bagaimana integrasi perangkat keras dan perangkat lunak mampu menghadirkan solusi praktis untuk sistem pengendalian kualitas air berbasis IoT.



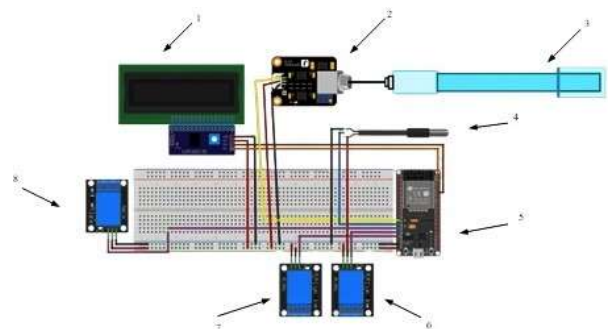
Gambar 3. Rancangan *Prototype* Sistem
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Keterangan Gambar 3:

1. *Peltier*
2. Tempat modul sensor dan nodeMCU
3. Tempat cairan *buffer* pH up dan down
4. *Fan* 9 cm

5. PSU 12 VDC
6. Pompa dc 12 V
7. Pompa sirkulasi 220 V
8. Probe pH
9. Sensor suhu DS18B20

Perancangan *prototype* sistem meliputi perancangan desain akuarium dengan melakukan modifikasi pada beberapa bagian tertentu. Akuarium yang digunakan memiliki volume sekitar 25.000 cm³. Modifikasi dilakukan dengan menambahkan LCD 16x2 pada bagian samping serta memasang beberapa sensor di dalamnya untuk mendeteksi parameter lingkungan. Selain itu, sistem dilengkapi dengan beberapa tabung yang berfungsi sebagai wadah larutan penyangga pH. Larutan pH akan dimasukkan ke dalam tabung filter akuarium sebelum dialirkan ke dalam akuarium utama. Desain lengkap akuarium, tabung tempat air pendingin, serta tabung larutan pH ditunjukkan pada Gambar 3.



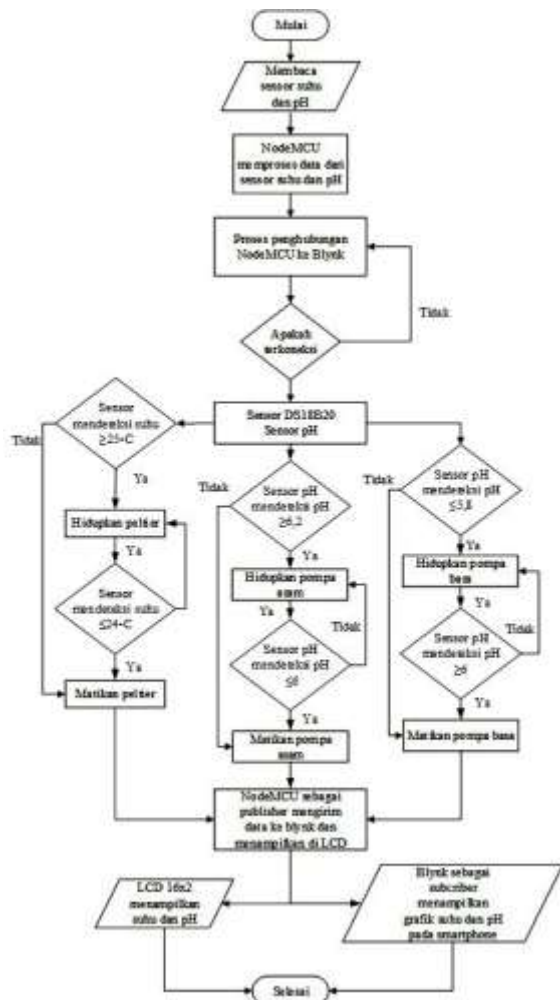
Gambar 4. Skema Rangkaian Elektrik
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Keterangan Gambar 4:

1. LCD 16x2 I2C
2. Modul pH
3. *Probe* pH
4. Sensor DS18B20
5. NodeMCU ESP8266
6. Modul *relay* larutan asam
7. Modul *relay* larutan basa
8. Modul *relay* *peltier*

Perancangan sistem elektrik dalam penelitian ini mencakup perancangan pengkabelan pada perangkat elektronik yang digunakan, dengan NodeMCU sebagai mikrokontroler utama. Sistem ini menerima masukan dari sensor suhu DS18B20 dan sensor pH, serta mengontrol keluaran berupa LCD 16x2 yang terhubung melalui modul I2C, pompa air, dan tabung buffer. Sambungan pin dirancang sebagai berikut: Pin D22 dan Pin D21 NodeMCU masing-masing dihubungkan ke Pin SCL dan SDA modul I2C LCD 16x2, Pin D26 dihubungkan ke Pin 2 sensor DS18B20, serta Pin D25 dihubungkan ke Pin 1 sensor pH. Pada bagian keluaran, Pin D27 terhubung ke pin data relay sebagai sakelar *peltier*, Pin D14 ke pin data relay sebagai sakelar pompa larutan pH asam, dan Pin D12 ke pin data relay sebagai sakelar pompa larutan pH basa. Untuk sumber daya, *Jack* DC Power 5 Volt DC dihubungkan ke pin VIN pada NodeMCU, serta

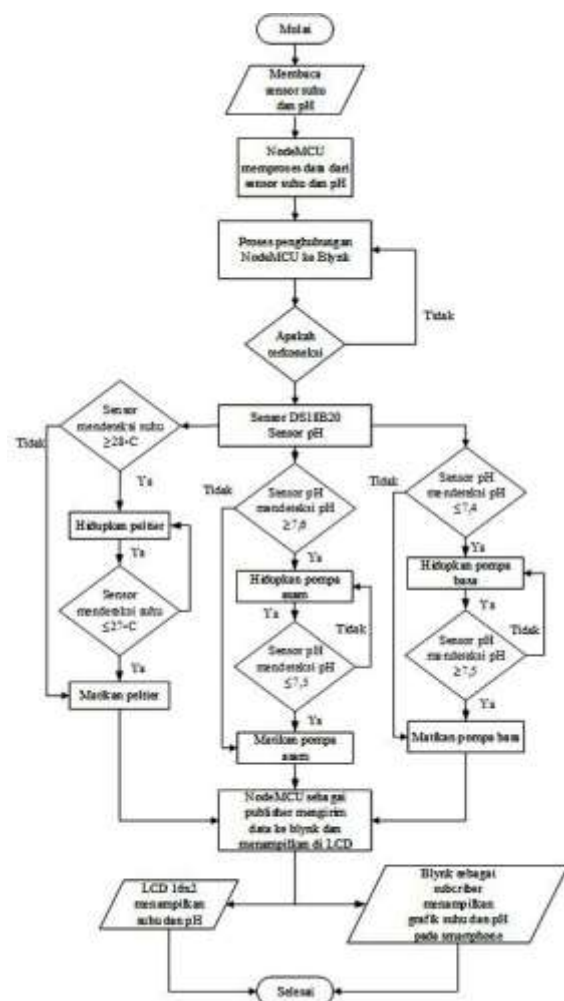
Vcc sensor DS18B20, sensor pH, pin *relay*, dan modul I2C, sedangkan Jack DC Gnd dihubungkan ke pin G NodeMCU, sensor DS18B20, sensor pH, pin *relay*, dan modul I2C guna memastikan stabilitas aliran listrik pada sistem. Perancangan sistem elektrik ini bertujuan untuk memastikan semua komponen dapat terhubung dengan baik sehingga sistem pengendalian suhu dan pH dapat beroperasi secara optimal. Skema rangkaian elektrik dari sistem ini ditunjukkan pada Gambar 4.



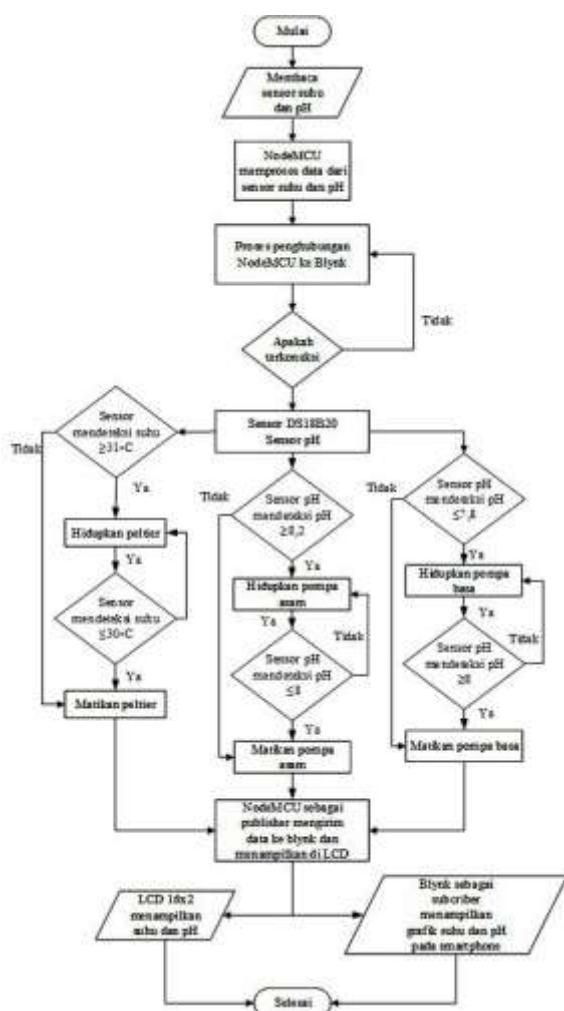
Gambar 5. Flowchart Cara Kerja Sistem dengan Setpoint Suhu 24°C dan pH 6
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Pengembangan *software* untuk sistem pengendalian suhu dan pH air pada budidaya lobster air tawar berbasis IoT menggunakan Blynk bertujuan untuk mengotomatisasi proses pemantauan dan pengendalian kualitas air agar tetap optimal dalam mendukung pertumbuhan lobster air tawar. Dalam proses pengembangannya, diperlukan *flowchart* sebagai acuan dalam perancangan *software* guna memastikan sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. *Software* yang dikembangkan terdiri dari tiga varian, yang disesuaikan dengan skenario pengujian dalam

penelitian ini. *Software* pertama digunakan untuk skenario pengujian dengan setpoint suhu 24°C dan pH 6, yang merepresentasikan kondisi lingkungan dengan suhu lebih rendah. *Software* kedua diterapkan pada skenario dengan setpoint suhu 27°C dan pH 7,5, yang mendekati kondisi optimal bagi pertumbuhan lobster. Sementara itu, *software* ketiga digunakan untuk skenario dengan setpoint suhu 30°C dan pH 8, yang merepresentasikan kondisi lingkungan dengan suhu lebih tinggi. Setiap varian *software* dikembangkan dengan mempertimbangkan integrasi sensor suhu dan pH, pengolahan data oleh mikrokontroler, serta transmisi informasi ke aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh. Dengan sistem ini, pengguna dapat mengakses data secara *real-time* dan memastikan kondisi lingkungan tetap sesuai dengan kebutuhan budidaya. *Flowchart* yang menggambarkan cara kerja sistem dalam pengembangan berbagai varian *software* ini dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 6. Flowchart Cara Kerja Sistem dengan Setpoint 27°C dan pH 7,5
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)



Gambar 7. Flowchart Cara Kerja Sistem dengan Setpoint 30°C dan pH 8
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Sistem pengendalian suhu dan pH air pada budidaya lobster air tawar berbasis IoT menggunakan Blynk bekerja dengan prinsip yang sama pada ketiga varian *software* yang dikembangkan, dengan perbedaan utama pada *setpoint* suhu dan pH. Proses dimulai dengan pembacaan data sensor suhu DS18B20 dan sensor pH, di mana setiap sensor mengambil data dari lingkungan akuarium dan mengirimkannya ke NodeMCU untuk diproses. Setelah itu, NodeMCU menghubungkan diri ke jaringan internet dan melakukan koneksi ke aplikasi Blynk. Jika koneksi berhasil, data dari sensor dikirim ke Blynk serta ditampilkan pada LCD 16x2; jika koneksi gagal, sistem akan mencoba kembali hingga berhasil.

Dalam tahap pengendalian, NodeMCU membandingkan data yang diperoleh dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Jika suhu air melebihi atau sama dengan *setpoint* suhu yang telah ditentukan dalam skenario pengujian, maka *peltier* akan aktif hingga suhu mencapai nilai yang diinginkan. Untuk

pengendalian pH, jika pH air lebih rendah dari batas minimum *setpoint*, maka pompa larutan basa akan diaktifkan hingga mencapai nilai yang diharapkan. Sebaliknya, jika pH lebih tinggi dari batas maksimum *setpoint*, maka pompa larutan asam akan diaktifkan untuk menurunkan pH hingga mencapai kondisi optimal. Setelah proses pengendalian selesai, LCD 16x2 akan menampilkan data suhu dan pH secara real-time, sementara NodeMCU mengirimkan data ke Blynk, yang kemudian menampilkan hasil pemantauan pada *smartphone* pengguna. Sistem ini akan diuji menggunakan ketiga varian *software* dengan *setpoint* suhu 24°C dan pH 6, *setpoint* suhu 27°C dan pH 7,5, serta *setpoint* suhu 30°C dan pH 8. Setiap varian *software* akan diinstal pada sistem dan diuji kinerjanya selama 10 hari untuk mengevaluasi efektivitas pengendalian suhu dan pH dalam menjaga kualitas air bagi budidaya lobster air tawar.

3. PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa sebuah *prototype* Sistem Pengendalian Suhu dan pH Air pada Budidaya Lobster Air Tawar Berbasis IoT yang telah berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Sistem ini mampu mengontrol suhu dan pH air secara otomatis menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor pH RDD-AFE-001, dengan pemrosesan data oleh NodeMCU sebagai mikrokontroler utama. *Peltier* digunakan untuk menyesuaikan suhu air, sementara pompa buffer asam dan basa berfungsi untuk menjaga pH dalam kisaran optimal. Data hasil pemantauan ditampilkan pada LCD 16x2 dan dikirim secara *real-time* ke aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat memantau kondisi air dari jarak jauh melalui *smartphone*. Dengan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dikembangkan, sistem ini mampu bekerja secara otomatis dan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, sehingga dapat mendukung efisiensi dalam budidaya lobster air tawar. Bentuk *prototype* sistem yang telah dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

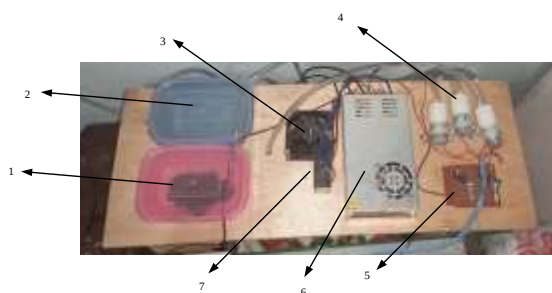


Gambar 8. Prototype Sistem Tampak Samping dan Depan
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Keterangan gambar 8

1. Socket probe pH meter
2. Modul peltier

4. *Socket sensor suhu DS18B20*
5. *Input adaptor 5 VDC*
6. *Terminal block*



Gambar 9. *Prototype Sistem Tampak Atas*
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Keterangan gambar 9

1. *pH down*
2. *pH up*
3. *Fan 12 V*
4. *Pompa 12 VDC*
5. *PWM 12 VDC*
6. *Adaptor 12 VDC*
7. *Switch Peltier*

Tampilan aplikasi pada *smartphone* yang digunakan dalam sistem pengendalian dan pemantauan suhu serta pH air pada akuarium lobster air tawar berbasis IoT menggunakan aplikasi Blynk. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau suhu dan pH air secara *real-time* melalui *smartphone*. Antarmuka aplikasi Blynk menampilkan data hasil pemantauan dengan *widget* yang dirancang untuk menyajikan informasi secara jelas dan mudah dibaca. Gambar 10 menunjukkan hasil pemantauan suhu dan pH air yang ditampilkan pada LCD di *prototype* sistem, sedangkan Gambar 11 menampilkan hasil pemantauan suhu dan pH air pada aplikasi Blynk yang digunakan untuk memantau kondisi akuarium lobster air tawar secara jarak jauh.



Gambar 10. Tampilan Data Suhu dan pH Air pada LCD di *Prototype Sistem*
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)



Gambar 11. Tampilan Data Suhu dan pH Air pada Aplikasi Blynk di *Smartpohe*
(Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Tabel 1. Hasil Pengujian Skenario Pertama dengan *Setpoint* Suhu 24°C dan pH 6

Tanggal Pengambilan Data	Jumlah Populasi	Jumlah Lobster Hidup	Jumlah Lobster Mati	Persentase Kematian Lobster	Pembacaan Suhu (°C)		Pembacaan pH	
					Sistem	Thermometer	Sistem	pH Meter
21 Mei 2024	10	10	0	0%	24,3	24	6,2	5,8
22 Mei 2024	10	10	0	0%	24,5	24,1	6,5	5,9
23 Mei 2024	10	10	0	0%	24	23,9	6,3	5,9
24 Mei 2024	10	9	1	10%	24,3	24,1	6,6	6
25 Mei 2024	9	9	0	0%	29,7	29	6,2	6
26 Mei 2024	9	8	1	11,11%	24,2	24	6,4	6
27 Mei 2024	8	8	0	0%	24,2	24	6,2	6
28 Mei 2024	8	5	3	37,5%	24,3	23,5	5,7	5,8
29 Mei 2024	5	5	0	0%	24,5	23,7	6,3	6,1
30 Mei 2024	5	5	0	0%	24,2	23,5	6,5	6,1

Tabel 2. Hasil Pengujian Skenario Kedua dengan *Setpoint* 27°C dan pH 7,5

Tanggal Pengambilan Data	Jumlah Populasi	Jumlah Lobster Hidup	Jumlah Lobster Mati	Persentase Kematian Lobster	Pembacaan Suhu (°C)		Pembacaan pH	
					Sistem	Thermometer	Sistem	pH Meter
4 Juni 2024	10	8	2	20%	27	26	7,5	7,9
5 Juni 2024	8	8	0	0%	27,2	26,2	7,2	7,5
6 Juni 2024	8	8	0	0%	27	26,5	7,6	7,4
7 Juni 2024	8	8	0	0%	27	26,2	7,5	7,5
8 Juni 2024	8	8	0	0%	27,2	26,5	7,5	8
9 Juni 2024	8	8	0	0%	27	25,8	7,5	7,8
10 Juni 2024	8	7	1	12,5%	27	26	7,2	7,7
11 Juni 2024	7	7	0	0%	27,2	25,5	7,3	8,6
12 Juni 2024	7	7	0	0%	27,2	26	7,4	7,7
13 Juni 2024	7	7	0	0%	27	25	7,6	7,5

Pada pengujian skenario pertama dengan *setpoint* suhu 24°C dan pH 6 yang datanya ditampilkan di tabel 1, sistem diuji selama 10 hari, dari 21 Mei 2024 hingga 30 Mei 2024, untuk menilai efektivitas pengendalian suhu dan pH terhadap kelangsungan hidup lobster air tawar. Populasi awal lobster yang diuji adalah 10 ekor, dan dalam periode pengujian terjadi kematian total sebanyak 5 ekor, dengan tingkat kematian tertinggi pada 28 Mei 2024, yakni 37,5% dalam satu hari. Dari hasil pengukuran suhu, sistem menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam menjaga suhu air tetap mendekati *setpoint* 24°C, dengan pembacaan suhu sistem berkisar antara 24,0°C hingga 24,5°C, sedangkan pengukuran menggunakan thermometer manual menunjukkan sedikit perbedaan, berkisar antara 23,5°C hingga 24,1°C. Selisih rata-rata antara sensor sistem dan thermometer manual berkisar $\pm 0,5^\circ\text{C}$, yang masih dalam batas toleransi. Untuk pH air, sistem bekerja dengan mempertahankan nilai pH dalam kisaran 5,7 hingga 6,6, sedangkan pembacaan menggunakan pH meter manual berada dalam rentang 5,8 hingga 6,1. Terdapat sedikit perbedaan antara sensor sistem dan pH meter, dengan selisih rata-rata $\pm 0,3$, yang masih dalam batas wajar untuk pengukuran pH. Namun,

pada 28 Mei 2024, nilai pH turun hingga 5,7, yang kemungkinan berkontribusi pada peningkatan tingkat kematian lobster pada hari tersebut. Dari data populasi, terjadi kematian lobster pertama pada 24 Mei 2024 (10%), yang kemudian meningkat pada 26 Mei 2024 (11,11%), dan mengalami lonjakan signifikan pada 28 Mei 2024 (37,5%), sehingga dalam periode pengujian ini total 5 ekor lobster mati. Penyebab kematian ini dapat dikaitkan dengan fluktuasi pH air, yang pada beberapa hari berada di bawah nilai optimal pH 6, serta kemungkinan faktor lain seperti stres akibat perubahan lingkungan dan kualitas air yang tidak stabil. Secara keseluruhan, sistem berhasil mempertahankan suhu dalam kisaran yang cukup stabil sesuai dengan *setpoint* 24°C, namun pengendalian pH masih perlu dioptimalkan untuk mengurangi fluktuasi dan mencegah kondisi ekstrem yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup lobster. Diperlukan analisis lebih lanjut mengenai faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kualitas air, serta kemungkinan penyesuaian dalam mekanisme kontrol pH agar sistem lebih efektif dalam menjaga kestabilan lingkungan budidaya lobster air tawar.

Tabel 3. Hasil Pengujian Skenario Ketiga dengan *Setpoint* 30°C dan pH 8

Tanggal Pengambilan Data	Jumlah Populasi	Jumlah Lobster Hidup	Jumlah Lobster Mati	Persentase Kematian Lobster	Pembacaan Suhu (°C)		Pembacaan pH	
					Sistem	Thermometer	Sistem	pH Meter
25 Juni 2024	10	10	0	0%	29	28	8,1	8,2
26 Juni 2024	10	10	0	0%	30,2	28	8	8,4
27 Juni 2024	10	10	0	0%	29	27	8,1	8,3
28 Juni 2024	10	10	0	0%	29	28	7,9	8
29 Juni 2024	10	9	1	10%	30	29	8,1	8,2
30 Juni 2024	9	9	0	0%	31	30	8,2	8,2
01 Juni 2024	9	9	0	0%	30	28	8	8,1
02 Juni 2024	9	9	0	0%	31	28	7,8	8
03 Juni 2024	9	9	0	0%	29	28	7,8	8
04 Juni 2024	9	9	0	0%	30	27	8	8,4

Pada pengujian skenario kedua dengan *setpoint* suhu 27°C dan pH 7,5 yang datanya ditampilkan di tabel 2, sistem diuji selama 10 hari, dari 4 Juni 2024

hingga 13 Juni 2024, untuk mengevaluasi efektivitas pengendalian suhu dan pH dalam mendukung kelangsungan hidup lobster air tawar. Populasi awal

yang diuji adalah 10 ekor, dan selama periode pengujian terjadi kematian sebanyak 3 ekor, dengan tingkat kematian tertinggi pada 4 Juni 2024 (20%) dan 10 Juni 2024 (12,5%), sedangkan setelah tanggal tersebut, kondisi stabil tanpa adanya kematian hingga akhir pengujian. Dari hasil pengukuran suhu, sistem menunjukkan kemampuan yang baik dalam menjaga suhu air tetap mendekati setpoint 27°C, dengan pembacaan suhu sistem berkisar antara 27,0°C hingga 27,2°C, sementara pengukuran menggunakan thermometer manual berada pada rentang 25,0°C hingga 26,5°C, dengan selisih rata-rata $\pm 1^\circ\text{C}$, yang masih dalam batas toleransi pengukuran. Sementara itu, pH air dalam sistem berhasil dikendalikan dalam rentang 7,2 hingga 7,6, sedangkan pembacaan menggunakan pH meter manual berkisar antara 7,4 hingga 8,6, dengan lonjakan pH tertinggi terjadi pada 11 Juni 2024, yang kemungkinan besar mempengaruhi kestabilan lingkungan lobster. Secara keseluruhan, sistem berhasil menjaga suhu dalam kisaran yang relatif stabil sesuai dengan setpoint 27°C, sementara pengendalian pH masih menunjukkan beberapa fluktuasi yang perlu dioptimalkan untuk menghindari lonjakan nilai pH yang ekstrem. Kematian lobster pada awal pengujian kemungkinan disebabkan oleh adaptasi terhadap lingkungan baru atau faktor eksternal yang belum sepenuhnya dikontrol oleh sistem. Namun, setelah tanggal 10 Juni 2024, tidak ada lagi kematian, yang mengindikasikan bahwa sistem mampu menciptakan kondisi yang lebih stabil seiring waktu. Dengan peningkatan dalam mekanisme pengendalian pH untuk mengurangi fluktuasi yang berlebihan, sistem ini berpotensi lebih efektif dalam menjaga kualitas air dan mendukung keberlangsungan hidup lobster air tawar secara optimal.

Pada pengujian skenario ketiga dengan setpoint suhu 30°C dan pH 8 yang datanya ditampilkan di tabel 3, sistem diuji selama 10 hari, dari 25 Juni 2024 hingga 4 Juli 2024, untuk menilai efektivitas sistem dalam menjaga kestabilan kualitas air bagi lobster air tawar. Populasi awal yang diuji adalah 10 ekor, dengan 1 ekor mengalami kematian pada 29 Juni 2024 (10%), sedangkan setelahnya tidak ada lagi kematian hingga akhir pengujian. Dari hasil pengukuran suhu, sistem berhasil mempertahankan suhu air dalam rentang 29°C hingga 31°C, dengan perbedaan pembacaan antara sensor sistem dan thermometer manual berkisar $\pm 1^\circ\text{C}$ hingga $\pm 2^\circ\text{C}$, yang masih dalam batas toleransi. Pengukuran pH menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga pH dalam kisaran 7,8 hingga 8,2, sedangkan pembacaan menggunakan pH meter manual menunjukkan nilai 8 hingga 8,4, dengan selisih rata-rata $\pm 0,2$ hingga $\pm 0,3$, yang tergolong stabil dibandingkan dengan skenario sebelumnya. Secara keseluruhan, sistem mampu menjaga suhu dan pH dalam kisaran optimal sesuai dengan setpoint 30°C dan pH 8, dengan hanya terjadi satu kasus kematian yang kemungkinan disebabkan oleh faktor lain seperti stres atau adaptasi lingkungan. Stabilitas parameter yang lebih baik dibandingkan

skenario sebelumnya menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mempertahankan kondisi air yang lebih optimal untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup lobster air tawar.

Tabel 4. Standar TIPHON untuk *Delay*

Kategori Latensi	Besar <i>Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Baik	<150	4
Baik	150 - 300	3
Sedang	300 - 450	2
Buruk	>450	1

Tabel 4 menunjukkan standar TIPHON untuk *delay*, *Delay* ini dapat dihitung menggunakan formula:

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{\sum \text{Total Delay}}{\sum \text{Total Paket yang Diterima}} \quad (1)$$

Pengujian QoS dilakukan untuk mengevaluasi parameter *delay*, yaitu waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengirim data dari sensor suhu DS18B20 dan sensor pH ke aplikasi Blynk melalui jaringan WiFi IndiHome dengan bandwidth 1 Mbps. Pengukuran dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark, yang menganalisis lalu lintas data dalam jaringan secara *real-time*.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Delay* Pengiriman Data Pemantauan Sistem

No.	<i>Delay</i> 1	<i>Delay</i> 2	<i>Delay</i>
1	0	0,021762	0,021762
2	0,021762	0,021762	0
3	0,021762	0,021862	0,0001
4	0,021862	0,046829	0,024967
5	0,046829	0,062579	0,01575
6	0,062579	0,078618	0,016039
7	0,078618	0,078618	0
8	0,078618	0,078734	0,000116
9	0,078734	0,078764	0,00003
10	0,078764	0,118584	0,03982
-	-	-	-
-	-	-	-
9087	-	-	-
Total <i>delay</i>			42,518117
Rata-rata <i>delay</i>			0,004679005

Tabel 5 merupakan hasil pengujian *delay* yang menunjukkan bahwa dalam 9087 kali pengiriman data, total *delay* yang tercatat adalah 42,518117 detik, dengan rata-rata *delay* sebesar 0,004679 detik atau 4,67 ms. *Delay* yang didapatkan termasuk kategori sangat baik berada dalam rentang 0–150 ms, sehingga hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki performansi yang sangat baik dalam kecepatan pengiriman data. *Delay* terendah yang tercatat adalah 0 ms, sedangkan *delay* tertinggi adalah 39,82 ms, yang masih tergolong aman dan tidak mengganggu pemantauan *real-time*. Fluktuasi *delay* sebagian besar berada dalam rentang yang sangat kecil, memastikan

sistem tetap mampu mengirimkan data tanpa keterlambatan yang signifikan. Dengan rata-rata delay 4,67 ms, sistem ini dapat diandalkan untuk pemantauan suhu dan pH air pada budidaya lobster air tawar, memungkinkan pengguna untuk mengawasi kondisi air secara *real-time* dan mengambil tindakan yang diperlukan tanpa keterlambatan yang berarti.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pengendalian suhu dan pH air berbasis IoT menggunakan Blynk telah berhasil dikembangkan dan diuji dalam tiga skenario berbeda dengan *setpoint* suhu 24°C, 27°C, dan 30°C serta pH 6, 7,5, dan 8. Sistem ini mampu mengontrol suhu dan pH air secara otomatis menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor pH RDD-AFE-001, dengan pemrosesan data oleh NodeMCU sebagai mikrokontroler utama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu dalam kisaran yang cukup stabil sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan, dengan selisih rata-rata pembacaan suhu antara sensor sistem dan thermometer manual berkisar $\pm 0,5^\circ\text{C}$ hingga $\pm 2^\circ\text{C}$.

Pada pengujian skenario pertama (*setpoint* suhu 24°C dan pH 6), terjadi kematian lobster sebanyak 5 ekor, dengan tingkat kematian tertinggi 37,5% pada 28 Mei 2024, yang kemungkinan disebabkan oleh fluktuasi pH yang turun hingga 5,7. Pada skenario kedua (*setpoint* suhu 27°C dan pH 7,5), terjadi kematian lobster sebanyak 3 ekor, dengan lonjakan kematian tertinggi pada 4 Juni 2024 (20%) dan 10 Juni 2024 (12,5%), yang kemungkinan dipengaruhi oleh lonjakan pH hingga 8,6. Sementara itu, skenario ketiga (*setpoint* suhu 30°C dan pH 8) menunjukkan kestabilan yang lebih baik, dengan hanya terjadi satu kasus kematian (10%) pada 29 Juni 2024, yang kemungkinan disebabkan oleh stres atau adaptasi lingkungan.

Selain pengujian terhadap suhu dan pH, pengujian QoS dilakukan dengan mengukur parameter delay menggunakan Wireshark. Hasilnya menunjukkan bahwa dalam 9087 kali pengiriman data, total *delay* yang tercatat adalah 42,518117 detik, dengan rata-rata delay sebesar 4,67 ms, yang tergolong sangat baik berdasarkan standar TIPHON (0–150 ms). Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang cepat dan stabil, serta mampu mengirimkan data secara *real-time* tanpa keterlambatan yang signifikan.

Secara keseluruhan, sistem berhasil mengendalikan suhu dan pH dalam kisaran optimal sesuai *setpoint* yang ditentukan, dengan performa QoS yang sangat baik. Skenario ketiga (*setpoint* suhu 30°C dan pH 8) menunjukkan tingkat kestabilan terbaik, dengan tingkat kematian lobster paling rendah dibandingkan dua skenario lainnya. Dengan demikian, sistem ini dapat diimplementasikan sebagai solusi otomatisasi pengendalian kualitas air dalam budidaya lobster air tawar, yang dapat meningkatkan efisiensi pemantauan, mengurangi

risiko kematian, serta mendukung keberlanjutan budidaya secara lebih optimal. Namun, pengendalian pH masih perlu dioptimalkan untuk mengurangi fluktuasi yang berlebihan, sehingga sistem dapat bekerja lebih akurat dalam menjaga kestabilan lingkungan air bagi lobster air tawar.

PUSTAKA

- Albaab, mohammad rifki U., Purbanigtyas, R., Kusuma, M. F. A., Vitasari, J., Nugroho, D. A., & Rudi, A. P. P. (2023). Website Monitoring Pintar Terintegrasi Berbasis IoT pada Budidaya Lobster Air Tawar. *Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi dan Manajemen (JATIM)*, 4(1), 12–18. <https://doi.org/10.31102/jatim.v4iNo.1.1978>
- Aliyah, N., Murthiningtyas, N. H., Almas, S. S., & Purnomo, D. E. (2025). Tantangan dan Peluang Penggunaan IoT pada Agrokompleks: Systematic Literature Review. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.36040/jati.v9i1.12645>
- Alwansyah, A., & Fahrurrozi, A. (2024). Implementasi Internet of Thing (IoT) Sistem Monitoring Kualitas Air Shrimp Farming Vaname pada Aplikasi Berbasis Android. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 29(1), Article 1. <https://doi.org/10.35760/tr.2024.v29i1.11227>
- Ansarullah, D., & Nurwarsito, H. (2022). Monitoring Kualitas Air pada Tambak Udang berbasis Internet of Things dengan Protokol Komunikasi ZigBee. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(2), 615–624.
- Astiyani, W. P., Humaira, F., Febriani, V. T., Akbarurrasyid, M., & Prama, E. A. (2024). Nilai Parameter Kualitas Air pada Pemeliharaan Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*). *Jurnal Salamata*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.15578/salamata.v6i1.13647>
- Chuzaini, F., & Dzulkifli, D. (2022). IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, dan Total Dissolved Solids (TDS). *Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), 46–56.
- Effendi, H. (2024). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Perairan*. PT Kanisius.
- Enda, D., Subandri, M. A., & Supria. (2021). Analisis QoS (Quality of Service) Sistem Monitoring Pintar Mitigasi Penularan Covid-19 Berbasis IoT. *Jurnal Informatika Polinema*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.33795/jip.v8i1.705>

- Faris, S., Agustini, M., Muhajir, & Hayati, N. (2023). Pengaruh Perbedaan Suhu Air Terhadap Daya Tetap Telur Lobster Air Tawar (*Cherax quardicarinatus*) di Bak – Bak Percobaan. *TECHNO-FISH*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.25139/tf.v7i1.6263>
- Hadikusuma, R. S., Mahyastuty, V. W., Siregar, M., & Hardine, L. (2023). Pengaruh Delay pada Modul WiFi 802.11b/g/n ESP 32 di Rentang Frekuensi 2.4 GHz Terhadap Smart Control Solar Home System. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 25(4), 149–155.
- Kushendar, H. (2024). Sistem Monitoring dan Kontrol Adaptif untuk Akuarium Ikan Hias. *Jurnal ELKON*, 4(2).
- Ma'ady, M. N. P. (2022). Pembuatan Sistem Monitoring Suhu, pH, TDS, DO, Amonia dan Nitrit Air Kolam bagi UMKM Fullobster Surabaya Berbasis Machine Learning. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v9i3.3173>
- Machrudin, M. A., Winardi, S., & Trisianto, D. (2023). Sistem Pendingin Aquarium dan Pemantau Suhu Air Berbasis IOT dengan Protokol MQTT. *Jurnal Sistem Cerdas dan Rekayasa (JSCR)*, E-ISSN:2656-7504, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.61293/jscr.v5i2.534>
- Muyasaroh, H., Islamy, I. R., Fakhry, A. S. R., & Ismail, M. (2025). Sistem Pendeteksi Kualitas Air Berbasis IoT pada Budidaya Tambak di Desa Karangrejo, Kabupaten Demak. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5910>
- Nayoun, M. N. I., Hossain, S. A., Rezaul, K. M., Siddiquee, K. N. e A., Islam, M. S., & Jannat, T. (2024). Internet of Things-Driven Precision in Fish Farming: A Deep Dive into Automated Temperature, Oxygen, and pH Regulation. *Computers*, 13(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/computers13100267>
- Octaviani, M., & Paramytha, N. (2024). Sistem Pemantauan Kualitas Air Berbasis IoT Untuk Kolam Budidaya Ikan Lele di Agrowisata Tekno 44. *Jurnal Ampere*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.31851/ampere.v9i1.13004>
- Olanubi, O. O., Akano, T. T., & Asaolu, O. S. (2024). Design and Development of an IoT-Based Intelligent Water Quality Management System for Aquaculture. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 11(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s43067-024-00139-z>
- Paupi, G. A., Suryadi, O. F., Susanto, G. N., & Junaidi, J. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang (*Litopenaeus Vannamei*) Menggunakan Wireless Sensor Sistem (WSS) yang Terintegrasi dengan PLC CPM1A. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 1(3), Article 3. <https://doi.org/10.23960/jemit.v1i3.34>
- Peslinof, M., Afrianto, M. F., Fendriani, Y., & Hutabarat, B. F. (2024). Penerapan Teknologi Tepat Guna Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan Kualitas Air pada Kolam Pembibitan Lobster di Desa Mendalo Darat Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Pinang Masak*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.22437/jpm.v5i2.29603>
- Rachman, A. A., & Ariandi, M. (2023). Optimization of Catfish Pond Water pH with PID Control using Outseal PLC. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.12928/biste.v5i3.8944>
- Ramdani, D. (2020). Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Suhu dan Monitoring pH Air Aquascape Berbasis IoT (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu Esp8266 pada Aplikasi Telegram. *Journal of Informatics Information System Software Engineering and Applications (INISTA)*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.20895/inista.v3i1.173>
- Sabran, F. W., & Rusfian, E. Z. (2023). Penggunaan Internet of Things pada eFishery untuk keberlanjutan Akuakultur di Indonesia. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(2), Article 2.
- Setiawan, R. (2020). Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Menggunakan Mikrokontroler. *Journal ICTEE*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.33365/jictee.v1i1.698>
- Sopandi, T., Kusuma, P. S. W., Ajiningrum, P. S., & Ngadiani. (2023). *Biologi dan Budidaya Lobster Capit Merah*. EBOOKU.
- Yusri, M., Maulita, Y., & Sembiring, H. (2024). Penerapan IoT dalam Monitoring dan Pengendalian Kualitas Air. *Repeater : Publikasi Teknik Informatika Dan Jaringan*, 2(4), 231–242. <https://doi.org/10.62951/repeater.v2i4.250>

HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN