Cyberspace: Jurnal Pendidikan Teknologi informasi
Volume 9, Nomor 1, Maret 2025, hal. 88 – 101
ISSN 2598-2079 (print) | ISSN 2597-9671 (online)

Peningkatan Hasil Budidaya Ikan Lele melalui Pengendalian Kualitas Air dengan *Microbubble* dan Sistem Monitoring IoT

Fajrul Islamy[1], Muhammad Fauzan[1], Indra Sakti[2], Roslidar[1]

[1]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala,
Kota Banda Aceh, Aceh 23111, Indonesia
[2]Pusat Riset Mekatronika Cerdas, BRIN, KST Samaun Samadikun, Bandung
E-mail: fajrulislamy@usk.ac.id

Abstract

The success of aquaculture depends on optimal water conditions, including the quality and quantity of dissolved oxygen in water, which is an essential element in aquatic life. Low oxygen levels are a severe limiting factor in the growth and health of aquatic organisms. This article aims to implement the Internet of Things (IoT) use of microbubble technology in aquaculture applications by ensuring optimal conditions for aquatic organisms. The application of microbubbles in aquaculture promises a significant increase in oxygen availability for catfish, which has a positive impact on their growth, health, and productivity. IoT technology enables remote real-time monitoring of environmental conditions, enabling quick and precise decision-making in response to changing environmental conditions. The method used in this research is the testing of 3 sensors namely DS18B20, pH, and DO which respectively measure temperature, pH, and oxygen levels in water. Furthermore, the data is sent to the blynk application and programmed on the Raspberry Pi. The results obtained showed that the growth of catfish for 10 days increased by 30% compared to the aquarium without the microbubble system.

Keywords: *Microbubble, Aquaculture, Sustainable Development Goals, Internet of Things, Raspberry Pi*

Abstrak

Keberhasilan budidaya perairan bergantung pada kondisi air yang optimal, termasuk kualitas dan kuantitas oksigen terlarut dalam air yang merupakan unsur penting dalam kehidupan akuatik. Tingkat oksigen yang rendah menjadi faktor pembatas serius dalam pertumbuhan dan kesehatan organisme akuatik. Artikel ini bertujuan untuk mengimplementasikan penggunaan teknologi *microbubble* secara IoT dalam aplikasi akuakultur dengan memastikan kondisi yang optimal bagi organisme akuatik. Penerapan *microbubble* dalam akuakultur menjanjikan peningkatan signifikan dalam ketersediaan oksigen bagi ikan lele, yang berdampak positif pada pertumbuhan, kesehatan, dan produktivitasnya. Teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengawasan kondisi lingkungan secara *real-time* dari jarak jauh, memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam respons terhadap perubahan kondisi lingkungan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pengujian dari 3 sensor yaitu DS18B20, pH, dan DO yang masing-masing mengukur suhu, pH, dan kadar oksigen

dalam air. Selanjutnya data dikirim ke aplikasi *blynk* dan diprogram pada Raspberry Pi. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa pertumbuhan lele selama 10 hari meningkat sebanyak 30% dibandingkan dengan akuarium tanpa sistem *microbubble*.

Kata Kunci: *Microbubble, Aquaculture, Sustainable Development Goals, Internet of Things, Raspberry Pi*

1. Pendahuluan

Aquaculture yang merupakan budidaya organisme akuatik seperti ikan, krustasea, moluska, dan tanaman air, telah menjadi industri yang berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Industri ini tidak hanya menyediakan sumber makanan laut yang berkelanjutan tetapi juga menjawab meningkatnya permintaan akan produk-produk akuatik di seluruh dunia akan tetapi kesuksesan budidaya air sangat bergantung pada kondisi air yang optimal terutama kualitas dan kuantitas oksigen terlarut dalam air. Oksigen memainkan peran krusial dalam kehidupan akuatik dan rendahnya tingkat oksigen dalam air dapat menjadi faktor pembatas yang serius dalam pertumbuhan dan kesehatan organisme akuatik [1]. Untuk mengatasi tantangan ini, penggunaan teknologi *microbubble* telah muncul sebagai pendekatan yang menjanjikan dalam aplikasi akuakultur terutama pada budidaya ikan lele [2].

Microbubble merupakan gelembung gas dengan ukuran yang kecil berpotensi untuk meningkatkan konsentrasi oksigen dalam air lebih efektif dibandingkan dengan gelembung gas konvensional. Meskipun ukurannya kecil, *microbubble* mampu tetap terlarut dalam air untuk waktu yang lebih lama dan meningkatkan ketersediaan oksigen bagi ikan lele. Dengan luas permukaan yang besar dan volume yang relatif kecil, *microbubble* dapat menyediakan oksigen dalam jumlah yang lebih banyak dengan efisiensi yang tinggi [4]. Penerapan *microbubble* dalam aplikasi akuakultur menjanjikan peningkatan signifikan dalam konsentrasi oksigen dalam air yang dapat meningkatkan pertumbuhan, kesehatan dan produktivitas ikan lele. Namun, penggunaan *microbubble* dalam aplikasi akuakultur masih dalam tahap pengembangan serta tantangan-tantangan seperti kontrol konsentrasi *microbubble* secara efektif dan menyeluruh perlu diatasi.

Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) juga dapat dimanfaatkan dalam aplikasi akuakultur ikan lele untuk monitoring dan pengontrolan jarak jauh. IoT merupakan konsep di mana berbagai perangkat fisik, seperti sensor, perangkat elektronik, peralatan, dan objek lainnya, dilengkapi dengan kemampuan untuk terhubung dan bertukar data melalui internet. Dengan kata lain, IoT memungkinkan objek atau perangkat tersebut untuk saling berkomunikasi dan berinteraksi secara otomatis, tanpa perlu campur tangan manusia. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam respons terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam budidaya akuakultur ikan lele secara keseluruhan [6].

Dengan demikian, integrasi antara teknologi *microbubble* dan IoT dalam aplikasi akuakultur ikan lele memberikan dorongan untuk menghasilkan suatu model pengembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan industri akuakultur, yaitu dengan adanya artikel terkait "Peningkatan Hasil Budidaya Ikan Lele melalui Penggunaan *Microbubble* dan Sistem Monitoring IoT". Penerapan teknologi ini bukan hanya

sekadar inovasi dalam budidaya ikan lele, tetapi juga merupakan langkah strategis dalam meningkatkan pelayanan publik di sektor akuakultur. Dengan memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), para petani ikan lele dapat memantau dan mengelola kondisi lingkungan budidaya ikan lele dengan lebih efisien dan tersedia secara *real-time*. Penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan industri akuakultur ikan lele dan pemeliharaan ekosistem air.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *AQUACULTURE* DAN *MICROBUBBLE*

Teori aquaculture dan microbubble adalah teori tentang pembenihan ikan dan pengembangan aplikasi teknologi. Teori ini menjelaskan bahwa teknologi produksi benih ikan telah digunakan dalam pemeliharaan ikan air tawar dan ikan laut melalui teknik induksi breeding, hipofisasi, dan pengaruh faktor lingkungan [11]. Produksi benih berkualitas yang dibutuhkan untuk didistribusikan baik di kolam maupun perairan umum telah meningkat, menunjukkan bahwa pengetahuan tentang teknik pemijahan menggunakan penyuntikan hormon reproduksi (*ovaprim* atau *human chorionic gonadotropin*/hCG) telah dikenal dengan pembenih ikan [12]. Penerapan teknik penyuntikan hormon dalam pemijahan induk ikan ini merupakan revolusi dalam teknik membuat benih berkualitas tinggi dengan kuantitas yang cukup besar [12]. Selanjutnya, teori pengembangan aplikasi teknologi menjelaskan bahwa teknologi *microbubble* dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut/*dissolved oxygen* (DO) dalam air budidaya. Gelembung yang dibuat melalui teknologi *microbubble* berukuran kurang dari 200 μm, sehingga stabil dan bertahan lama di dalam air. Teknologi *microbubble* memungkinkan oksigen tetap ada dalam air untuk waktu yang lebih lama. Ini memungkinkan oksigen terlarut tetap stabil di perairan. Tumbuh dan kondisi fisiologis ikan dapat ditingkatkan dengan lingkungan yang baik dengan ketersediaan oksigen terlarut yang mencukupi. Karakteristik darah dapat digunakan untuk mengukur respons fisiologi pada ikan; reaksi stres pada hewan dapat dilihat melalui perubahan kadar glukosa darah dan hemoglobin [13].

2.2 SISTEM KENDALI

Sistem kendali adalah sistem yang keluarannya disesuaikan dengan nilai tertentu atau mengubah kondisi tertentu yang telah ditetapkan oleh masukan sistem. Suatu sistem kendali harus mempunyai tujuan yang jelas ketika diterapkan denga membawa keluaran ke keadaan yang ditentukan pada masukan komponen sistem kendali adalah hasil yang diharapkan [15]. Sistem kendali juga terdiri dari sejumlah komponen yang saling berinteraksi untuk menciptakan konfigurasi sistem yang akan memberikan hasil yang diinginkan.

2.3 *Internet of Things* (IoT)

Dengan terhubung ke Internet, benda-benda fisik dapat mengakses data sensor dan mengontrol dunia fisik dari jarak jauh. Kita dapat membuat layanan baru yang lebih baik daripada sistem yang berdiri sendiri dengan menggabungkan data sensor dengan data

lain, seperti data dari internet. Sistem tertanam yang terhubung ke Internet adalah komponen utama IoT, dan objek pintar adalah komponennya. RFID (*Radio Frequency Identification*) adalah teknologi lain yang mendukung gagasan ini. RFID memperluas fungsi kode batang yang biasa kita lihat di banyak produk sehari-hari dengan menambahkan tag ID elektronik pintar murah ke produk tersebut. Dengan demikian, identitas produk dapat diidentifikasi dari jarak jauh. Produk yang ditandai akan menjadi objek pintar jika kecerdasan ditambahkan ke tag identifikasi ini. IoT menarik karena banyaknya *smart object* yang digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, bukan karena teknologi baru yang luar biasa [26].

2.4 SENSOR DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang dirancang untuk mengukur suhu lingkungan dengan akurasi tinggi. Sensor ini terkenal karena kemudahannya dalam penggunaan dan kemampuan komunikasi melalui satu kabel data. Sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu dengan akurasi dan resolusi tinggi. Sensor ini mampu memberikan pembacaan suhu dalam rentang -55°C hingga +125°C dengan akurasi ±0.5°C di kisaran -10°C hingga +85°C. Data suhu yang diukur dikomunikasikan secara digital, sehingga meminimalkan kesalahan yang sering terjadi pada sensor analog.

2.5 SENSOR pH

Sensor pH adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Dalam konteks akuakultur, sensor ini sangat penting untuk memantau pH air, yang merupakan salah satu parameter kritis dalam menjaga kesehatan dan pertumbuhan ikan. Sensor pH biasanya terdiri dari elektroda kaca sensitif pH dan elektroda referensi. Sensor pH mengukur konsentrasi ion hidrogen dalam air, yang kemudian dikonversi menjadi nilai pH pada skala 0 hingga 14. Nilai pH 7 dianggap netral, nilai di bawah 7 menunjukkan keasaman, dan nilai di atas 7 menunjukkan kebasaan. Mempertahankan pH dalam kisaran optimal sangat penting dalam akuakultur untuk memastikan kesehatan ikan dan ekosistem air yang seimbang.

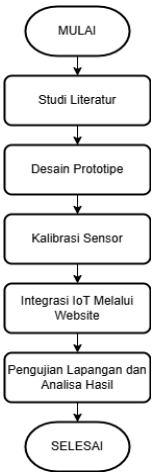
2.6 SENSOR *DISSOLVED OXYGEN* (DO)

Untuk mengetahui berapa banyak oksigen terlarut yang ada dalam air, sensor oksigen terlarut digunakan. Karena ikan lele membutuhkan jumlah oksigen yang larut untuk respirasi dan pertumbuhan yang sehat, pengukuran konsentrasi oksigen terlarut dalam air dapat dilakukan dengan sensor DO, yang biasanya diukur dalam miligram per liter (mg/L) atau persentase saturasi (%). Pengukuran DO sangat penting untuk memastikan bahwa kondisi air menguntungkan mikroorganisme dan kehidupan ikan.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif melalui pengumpulan data serta analisis perhitungan sistem kendali konsentrasi oksigen pada aplikasi *Aquaculture* dengan teknologi *Microbubble* dilakukan dengan menggunakan IoT. Teknik pengambilan data dilakukan dengan tahapan observasi, integrasi sensor serta pengukuran parameter yang dibutuhkan di lokasi penelitian. Metode penelitian yang akan diterapkan sebagai berikut. Alur penelitian dimulai dari pembuatan skema prototipe, penyediaan alat bahan serta pengambilan data di

lapangan dan evaluasi hasil melalui kalibrasi sensor. Gambar 1. menunjukkan diagram alur penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 1. Alur Penelitian

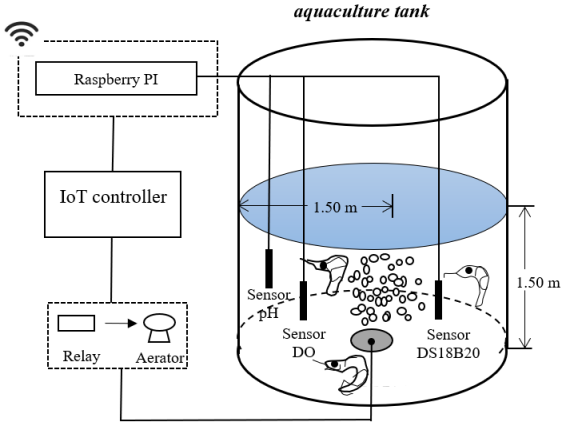
Penelitian ini dilakukan dengan 5 tahapan utama diantaranya studi literatur, desain prototipe, kalibrasi sensor, intergrasi IoT melalui *website*, dan pengujian lapangan serta Analisa hasil. Kalibrasi sensor dilakukan dengan cara membandingkan pengukuran awal antara sensor dan alat digital yang umum digunakan. Hal ini bertujuan agar jika terdapat perbedaan cukup besar antara keduanya, maka sensor bisa dikalibrasi ulang dengan mengatur pada kode program sampai mendapatkan hasil yang tidak berbeda jauh atau sama dengan alat digital. Selanjutnya integrasi IoT dilakukan untuk menghubungkan sensor kepada *Raspberry Pi* dan untuk pengiriman kode program sensor dan tampilan pada *website* aplikasi blynk. Terakhir, pengujian lapangan dan Analisa hasil dilakukan untuk pengambilan data sensor secara *real-time* dan ditampilkan pada aplikasi *blynk*. Analisa hasil dilakukan dengan membandingkan hasil dari kedua percobaan yaitu percobaan 1 pada akuarium A yang menggunakan sistem *microbubble* dan percobaan 2 pada akuarium B yang tidak menggunakan sistem *microbubble*. Hal ini bertujuan untuk menganalisa efektivitas implementasi IoT dalam budidaya ikan lele. Adapun alat dan bahan yang akan digunakan unntuk mendukung penelitian dalam artikel ini dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1 Alat dan bahan

NO	Alat dan Bahan	Deskripsi
1.	Raspberry Pi	Untuk mengirimkan data ke aplikasi Blynk
2.	Module Relay	Saklar untuk on-off aerator
3.	Sensor pH	Mengukur tingkat keasaman dalam air
4.	Sensor DS18B20	Mengukur suhu air

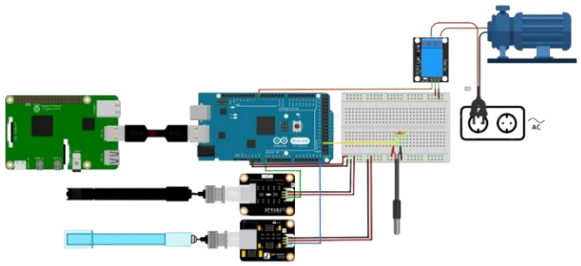
5.	Sensor Dissolved Oxygen	Mengukur kualitas oksigen dalam air
6.	Aerator	Menyuplai microbubble untuk meningkatkan oksigen dalam air
7.	Microbubble	Gelembung berukuran kurang dari 200 nm
8.	Ikan lele	Digunakan sebanyak 20 ekor, 10 ekor pada setiap akuarium

Gambar 2. menunjukkan sistem pengawasan dan pengendalian kualitas air dalam tangki akuakultur berbasis IoT. Pengguna dapat memantau kondisi air secara real-time melalui *website* Aplikasi *Blynk*, yang menampilkan informasi seperti pH, kadar oksigen terlarut dan suhu air yang diukur oleh sensor-sensor dalam kolam. Sensor-sensor ini mengirim data ke modul *Raspberry Pi*, yang meneruskannya ke IoT *controller* dan *website*. IoT *controller* mengolah data dan mengirim perintah ke relay untuk mengendalikan aerator jika diperlukan, seperti ketika kadar oksigen terlarut rendah. Aerator akan diaktifkan untuk meningkatkan oksigen dalam air. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian kualitas air secara otomatis dan efisien, memastikan lingkungan optimal untuk pertumbuhan ikan dalam tangki akuakultur. Proses dimulai dengan koneksi *Raspberry Pi* ke *WiFi*. Sensor kemudian membaca konsentrasi oksigen terlarut. Jika oksigen terlarut berada dalam rentang 5,9 - 7,9 mg/L, *microbubble* dinonaktifkan. Jika di luar rentang tersebut, *microbubble* diaktifkan untuk menyesuaikan kadar oksigen. Data sensor dikirim ke *website* yang terhubung ke aplikasi *blynk* untuk bisa dipantau secara *real-time*. Proses berakhir setelah semua langkah selesai. Sistem ini beroperasi secara berkelanjutan dalam siklus yang sama, memastikan kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan ikan lele dan memberikan informasi *real-time* kepada pengelola tambak.



Gambar 2. Sistem Pengendalian Kualitas Air

Selanjutnya dalam artikel ini ditampilkan diagram *wiring* dari prototipe sistem yang akan dikembangkan yang mana terdiri dari arduino, beberapa sensor, esp8266, *relay* dan aerator seperti terlihat pada Gambar 3.



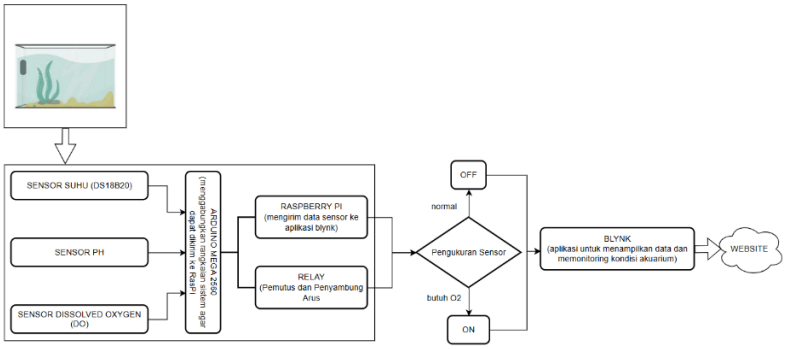
Gambar 3. Wiring Sensor

Rangkaian model prototipe memiliki 3 buah sensor yang menjadi parameter pengukuran, 1 buah arduino mega untuk menghubungkan rangkaian sensor, 1 buah Raspberry Pi sebagai modul untuk mengirim data secara real-time, 1 buah pompa air, serta 1 buah relay aktuator sebagai saklar otomatis untuk mengaktifkan dan mematikan sistem. Prototipe ini ditempatkan pada dua buah akuarium berbeda yang ditandai dengan akuarium A yang menggunakan relay aktuator dan akuarium B tanpa menggunakan relay aktuator. Relay aktuator ini nantinya akan berfungsi untuk meningkatkan kadar oksigen dalam air sesuai dengan hasil pembacaan pada ketiga sensor. Adapun Aplikasi *Blynk* berfungsi untuk memantau hasil pembacaan sensor dan mengontrol relay aktuator untuk menjaga kualitas air dan meningkatkan pertumbuhan ikan lele.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Sistem Kendali pada Akuarium

Sistem ini menunjukkan proses kendali yang terjadi pada penelitian ini dimana merupakan sistem kendali tertutup. Hal ini dikarenakan terdapat sensor yang perlu mengambil data secara kontinu dengan melakukan kalibrasi sehingga hasil yang didapat dari sensor cukup akurat. Sedangkan *Arduino Mega* 2560, *Raspberry Pi* dan relay berfungsi sebagai kontroler. Aerator berfungsi sebagai aktuator yang menggerakkan dan menghasilkan *microbubble* dalam akurarium. Serta proses yang dilakukan adalah mengambil data dari sensor serta mengirim hasil ke *website* aplikasi *Blynk*. Dimana output yang dihasilkan berupa pengamatan serta perbandingan dari pertumbuhan dan kualitas hidup ikan lele selama 10 hari pengamatan.



Gambar 4. Sistem Kendali *Closed Loop* pada Akuarium



Gambar 5. Akuarium A dengan Prototipe

Akuarium yang digunakan memiliki dimensi panjang sebesar 100 cm, lebar 40 cm, tinggi 50 cm. Akuarium ini digunakan sebanyak 2 buah dengan 2 kondisi yaitu tanpa *microbubble* dan dengan *microbubble.* Adapun jumlah ikan yang digunakan sebanyak 10 ekor pada setiap akuarium. Parameter suhu, pH, dan oksigen yang diukur sebelum dimasukkan lele akan ditampilkan pada Tabel 2-4. Panjang rata-rata awal ikan pada pengukuran hari ke-1 yaitu sebesar 7 cm pada akuarium A dan 4 cm pada akuarium B. Perbedaan rata-rata ini disebabkan oleh pembagian ikan yang tidak seimbang ukurannya pada kedua akuarium. Kemudian diukur juga berat rataan awal ikan pada pengukuran hari ke-1 yaitu sebesar 1,2 gram untuk kedua akuarium. Ikan lele diberikan pakan yang sama pada kedua akuarium selama 10 hari agar tidak terjadi perbedaan pertumbuhan ikan.

4.2 Kalibrasi dan Pengujian Sensor DS18B20

Sensor pertama yang diuji berupa sensor suhu DS18B20 yang akan dikalibrasi pada suhu panas, dingin, dan suhu normal atau suhu ruangan. Sensor DS18B20 dan termometer alkohol diletakkan secara bersamaan di sebagian permukaan air dan diukur dalam kondisi dan waktu yang sama untuk melihat perbedaan.

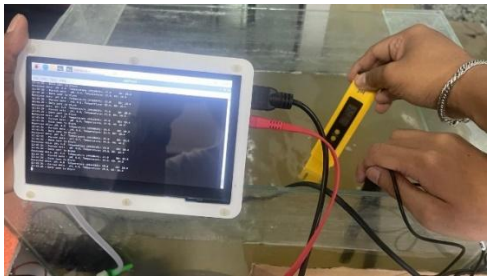
TABEL 2 Pengujian Sensor Suhu

Kondisi	Sensor DS18B20	Termometer Alkohol
Panas	33,98˚C	33,9˚C
Dingin	16,31˚C	16˚C
Normal (Sebelum dimasukkan lele)	25,20˚C	25˚C
Normal (Sesudah dimasukkan lele)	25,1˚C	25˚C

4.3 Pengujian Sensor pH

Kalibrasi dilakukan dengan 2 kondisi yaitu pada bubuk asam dan bubuk basa. Hasil dari kalibrasi menunjukkan bahwa besar nilai yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran menggunakan pH digital. Setelah kalibrasi berhasil dilakukan, maka sensor diletakkan pada akuarium A dan B untuk melihat kondisi pH dalam kedua akuarium. pH diukur pada kondisi sebelum dimasukkan lele dan sesudah dimasukkan lele. Dimana dapat dilihat dari tabel bahwa pH awal sebelum dimasukkan lele tergolong pada

netral. Dimana kualitas pH yang baik bagi lele adalah pH 6,5-9,5. Kemudian diukur pH sesudah dimasukkan lele dan setelah diamati selama 3 hari.



Gambar 6. Pengujian Sensor pH

TABEL 3 Pengujian Sensor pH

Kondisi		Sensor pH	pH Digital
pH > 7 @25˚C	Kalibrasi	pH 6.88	pH 6,65
pH < 7 @25˚C	Kalibrasi	pH 4,35	pH 4,21
Sebelum dimasukkan ikan lele	Akuarium A	pH 7,23	pH 7,1
	Akuarium B	pH 7,2	pH 7,1
Sesudah dimasukkan ikan lele	Akuarium A	pH 7,5	pH 7,04
	Akuarium B	pH 6,5	pH 6,95

4.4 Pengukuran Sensor DO

Sensor DO (*dissolved oxygen*) bertujuan untuk mengukur kadar oksigen terlarut dalam air. Sensor ini dikalibrasi dengan memasukkan cairan NaOH 0,5 mol/L ke dalam bagian sensor. Dengan menggunakan larutan NaOH, sensor dapat diadaptasikan ke kondisi di mana konsentrasi oksigen terlarut sangat sedikit atau sama sekali tidak ada. Proses ini memastikan bahwa sensor memberikan pembacaan yang akurat dan dapat diandalkan dalam mengukur konsentrasi oksigen terlarut dalam air atau larutan lainnya. Pada akuarium A ketika sensor memiliki nilai PPM lebih kecil dari 5,9 aerator akan menyala dan mengeluarkan *microbubble* dan ketika PPM lebih besar dari 7,9 aerator akan berhenti. Sedangkan akuarium B tidak mengalami kondisi apapun karena tidak menggunakan sistem *microbubble* sehingga nilai PPM stabil pada angka 1.

TABEL 4 Pengujian Sensor DO

Kondisi	Sensor DO	Hasil
Akuarium A Dengan Aerator	<5,9 PPM	Aerator Menyala
	>7,9 PPM	Aerator Mati
Akuarium B Tanpa Aerator	1 PPM	-

Akuarium sebelum dimasukkan lele (tanpa aerator)	6 PPM	-

4.5 Hasil Integrasi IoT

Setelah dilakukan pengukuran pada sensor, data akan dikirimkan menggunakan ESP8266 ke aplikasi blynk agar data dapat dipantau pada jarak jauh secara *real-time*. Gambar 4 menampilkan layar utama pada aplikasi blynk yang menampilkan hasil pengukuran dari ketiga sensor yang ditampilkan dalam bentuk satuan masing-masing sensor seperti suhu dalam satuan ˚C, pH dalam satuan pH, serta DO dalam satuan PPM. Pada tampilan aplikasi blynk juga menampilkan grafik hasil dari ketiga sensor, sehingga pengguna dapat melihat waktu-waktu kondisi akuarium dalam kondisi stabil atau dibawah normal.



Gambar 7. Tampilan pada Aplikasi Blynk

4.6 Pengujian Sistem Kendali pada Aerator

Analisa data dilakukan pada kondisi aerator menyala dan mati untuk melihat bagaimana efisiensi yang terdapat pada penerapan sistem dari prototipe. Pada Tabel 5. dapat dilihat banyaknya aerator yang menyala selama 10 hari pemantauan selama 1 jam tiap hari. Dapat dilihat pula bahwa banyak aerator menyala dari hari ke hari itu semakin sedikit. Pada hari pertama dapat dilihat aerator menyala sebanyak 17 kali dalam kurun waktu 1 jam. Sedangkan pada hari ke 10 dapat dilihat aerator menyala sebanyak 9 kali dalam kurun waktu 1 jam. Hal ini menunjukkan bahwa kadar oksigen pada air di dalam akuarium yang terdapat aeratornya itu semakin bertambah baik. Pada hari ke 4 dan ke 5 jumlah aerator menyala sama dan begitu juga pada hari ke 7 dan ke 8. Hal ini disebabkan oleh jumlah oksigen yang diperlukan dari aerator itu sama.

Tabel 5 Perubahan Banyak Aerator Menyala

Hari ke-	Jam	Banyak Aerator Menyala
1	13:00:00 – 14:00:00	17
2	13:00:00 – 14:00:00	15
3	13:00:00 – 14:00:00	14
4	13:00:00 – 14:00:00	12
5	13:00:00 – 14:00:00	12
6	13:00:00 – 14:00:00	10
7	13:00:00 – 14:00:00	11
8	13:00:00 – 14:00:00	11

9	13:00:00 – 14:00:00	10
10	13:00:00 – 14:00:00	9

4.7 Hasil Pemantauan Kondisi Ikan

Hasil pengukuran menunjukkan lele pada akuarium A memiliki rata-rata panjang awal sebesar 7 cm dan pada hari ke-10 rata-rata panjang akhir lele sebesar 9,1 cm. Rata-rata panjang ikan bertambah sebanyak 2 cm selama 10 hari tersebut. Sedangkan pada akuarium B rata-rata panjang awal lele sebesar 4 cm dan sesudah 10 hari panjang rata-rata menjadi 5,6 cm, yang berarti rata-rata panjang ikan bertambah sebanyak 1,6 cm. Sedangkan pada berat dapat dilihat bahwa terjadi pertambahan berat yang lebih besar pada akuarium A sebesar 2,2 gr dibandingkan pada akuarium B yang hanya sebesar 1,3 gr. Hal ini menunjukkan bahwa akuarium dengan sistem microbubble mempengaruhi kondisi pertumbuhan ikan dibandingkan dengan akuarium B. Gambar 9. dan Gambar 10. menunjukkan proses pengukuran panjang dan berat ikan lele dari akuarium A.



(a) Hari ke-1



(b) Hari ke-10

Gambar 8. Pengukuran Panjang Ikan



(a) Hari ke-1



(b) Hari ke-10

Gambar 9. Pengukuran Berat Ikan

Pengujian hasil dilihat dari total ikan yang masih hidup setelah diamati selama 10 hari dari kedua akurarium. Pada akuarium A yang hidup sebanyak 8 ekor sedangkan pada akuairum B total lele hidup sebanyak 5 ekor saja. Hal ini menunjukkan bahwa sistem microbubble mampu meningkatkan kualitas hidup budidaya lele pada akuarium, yang artinya oksigen yang tersuplai pada akuarium selalu cukup, tidak lebih dan tidak kurang.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengembangan prototipe sistem microbubble IoT, didapatkan

kondisi lele pada akuarium mendapat suplai oksigen yang cukup dan sesuai, yang mana memepengaruhi kualitas hidup lele. Pada penelitian ini total lele yang hidup setelah 10 hari pengamatan sebanyak 8 dari 10 ekor. Sedangkan pada akuarium tanpa microbubble hanya 5 dari 10 ekor lele yang berhasil hidup. Dengan adanya prototipe ini maka dapat meningkatkan kualitas hidup lele sebesar 30%. Sensor suhu dan pH dapat membantu dalam mengetahui kondisi kualitas air dalam akuarium. Oleh karena itu, hal ini dapat mempengaruhi pertumbuhan lele dimana rata-rata pertumbuhan panjang lele sebesar 2 cm dan pertambahan berat lele rata-rata sebesar 2,2 gr. Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa frekuensi penggunaan aerator semakin sedikit dalam 10 hari yang beararti kualitas oksigen dalam air semakin baik.

Daftar Pustaka

[1] Ali, A. Mishra, dan A. Mishra, “Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: A review,” *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, vol. 10, no. 4, pp. 113-127, 2022, doi: 10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693.

[2] H. Ariadi, A. Wafi, and B. D. Madusari, "Dinamika Oksigen Terlarut (Studi Kasus Pada Budidaya Udang)," Penerbit Adab, 2021.

[3] W. Primaningtyas and S. Hastuti, "Performa produksi ikan lele (Clarias gariepinus) yang dipelihara dalam sistem budidaya berbeda," *Journal of Aquaculture Management and Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 51-60, 2015.

[4] D. H. Setyono, L. W. A. Baihaqi, M. Marzuki, L. M. Atmawinata, S. Fitria, dan R. I. Affandi, “Microbubble Technology to Improve Growth of Catfish (Clarias sp.),” *Jurnal Penelitian Pendidikan IP*A, vol. 9, no. 9, pp. 7373-7382, Sep. 2023.

[5] N. K. Arora, I. Mishra, dan P. Arora, “SDG 14: life below water- viable oceans necessary for a sustainable planet,” *Environmental Sustainability*, vol. 6, pp. 433-439, 2023.

[6] E. Nugroho, R. R. S. P. S. Dewi, A. Aisyah, T. Handanari, and M. Natsir, "Pemanfaatan Sumberdaya Kelautan Dan Perikanan Melalui Budidaya Perikanan Berkelanjutan Menuju Masyarakat Pembudidaya 5.0," *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, vol. 14, no. 2, pp. 111-119, 2022.

[7] Taukhid, D. D. Trijuno, M. Y. Karim, R. Syah, dan Makmur, “Performance of a novel aeration microbubble generator in aquaculture,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, pp. A296- A300, 2017.

[8] Mandal dan A. R. Ghosh, “Role of artificial intelligence (AI) in fish growth and health status monitoring: a review on sustainable aquaculture,” *Aquaculture and Fisheries*, vol. 5, no. 3, pp. 103-110, 2020.

[9] Samura, A.. “Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Windu Dengan Metode Fuzzy Logic Control Menggunakan Mikrokontroler NI myRIO. (Doctoral disst)” Program Studi Teknik Informatika, Universitas Brawijaya, Malang, 2018.

[10] C. E. Tossavi, N. I. Ouattara, E. D. Fiogbe, and J. C. Micha, "Artificial reproduction and reproductive parameters of silver catfish Schilbe intermedius (Siluriformes: Schilbeidae)–implications for the conservation and domestication of this threatened species," *Biologia*, vol. 76, no. 9, pp. 2619-2627, 2021.

[11] D. Buwono, I. Iskandar, and R. Grandiosa, "Pelatihan Teknik Pembenihan Ikan Lele Mutiara Padjadjaran Pada Kelompok Mina Sejahtera Sadaya Kecamatan Cileunyi Kabupaten Bandung," *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat*, vol. 12, no. 1, pp. 114-121, 2023.

[12] O. O. Olanubi, T. T. Akano, dan O. S. Asaolu, "Design and development of an IoT-based intelligent water quality management system for aquaculture," *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, vol. 11, Article number: 15, 2024.

[13] Fachrurrozi, "Prototype Alat Jemuran Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Doctoral dissertation*, Universitas Komputer Indonesia, 2021.

[14] S. K. Laksono, Sumardi, and T. Aris, "Pengaturan Sudut Fasa Berbasis Logika Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Temperatur," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 1, no. 4, pp. 151-158, 2011.

[15] H. Jaya, "Desain dan Implementasi Sistem Robotika Berbasis Mikrokontroller," Edukasi Mitra Grafika: Malang, 2016.

[16] Fatoni, D. N. Dhany, and I. Agus, "Rancang Bangun Alat Pembelajaran Microcontroller Berbasis Atmega 328 di Universitas Serang Raya," *Jurnal PROSISKO*, vol. 2, no. 1, pp. 10, 2015.

[17] E. Kustiawan, "Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (Pho)," *Jurnal STT YUPPENTEK*, vol. 9, no. 1, pp. 1-6, 2018.

[18] F. Firdaus and A. Syamsir, "Perancangan Sistem Otomasi Tekanan Uap, Suhu, dan Level Air pada Distilasi Air dan Uap Menggunakan Mikrokontroler," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 14, no. 1, pp. 75-88, 2016.

[19] P. Wang, X. Bai, and G. Zhang, "Nanobubble technology in aquaculture: A review," *Aquaculture International*, vol. 28, no. 3, pp. 1023-1040, 2020.

[20] L. Khoirunnisak, "Laporan Pendahuluan Dan Asuhan Keperawatan Dasar Pada Tn. D Dengan Kebutuhan Oksigenasi," Progam Studi S1 Keperawatan Fakultas Ilmu Kesehatan Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri, 2021.

[21] S. Praveen Kumar, D. Srihariharan, M. Sai, and R. Hemachander, "Design And Fabrication Of Iot Switch With Manual Override," *IOP conference series. Materials science and engineering*, vol. 1055, no. 1, pp. 012086–012086, Feb. 2021, doi: https://doi.org/10.1088/1757-899x/1055/1/012086

[22] Rendy Ramadhan, Heni Sulistiani2, Y. Rahmanto, Ani Sesanti, and Benhouzer N.P Pasaribu, "Implementasi Raspberry Pi Untuk Pengukuran Daya Tahan Otot Tes Push Up," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 79–92, Jan. 2023, doi: https://doi.org/10.33365/jtikom.v3i2.2348.

[23] C. E. Boyd and A. A. McNevin, "Aerator energy use in shrimp farming and means for improvement," *Journal of the World Aquaculture Society*, vol. 52, no. 1, pp. 6–29, Nov. 2020, doi: https://doi.org/10.1111/jwas.12753

[24] S. E. Mathe, A. C. Pamarthy, H. K. Kondaveeti, and S. Vappangi, "A Review on Raspberry Pi and its Robotic Applications," 2022 2nd *International Conference on Artificial Intelligence and Signal Processing* (AISP), Feb. 2022, doi: https://doi.org/10.1109/aisp53593.2022.9760590

[25] H. Kopetz and W. Steiner, "Internet of Things," Springer eBooks, pp. 325–341, Jan. 2022, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-11992-7_13.

[26] I. Effendi, "Pengantar Akuakultur," Jakarta: Penebar Swadaya, 2004.

[27] V. Crespi and A. Coche, "Glossary of Aquaculture," *Food and Agriculture Organization*, Rome, 2008.

[28] F. Ren et al., "CFD-PBM coupled simulation of a nanobubble generator with honeycomb structure," *Journal of Materials Science and Engineering*, vol. 372, no. 1, pp. 1–8, 2018.

[29] S. S. Mahanand, K. A. M. Xavier, dan A. B. Patel, "Effect of Stocking Density on Growth, Water Quality Changes and Cost Efficiency of Butter Catfish (Ompok bimaculatus) during Seed Rearing in a Biofloc System," iJurnal Akuakultur Indonesia, vol. 5, no. 2, pp. 123-130, 2023.

[30] B. Zaidy, A. D. Anggoro, and A. Kasmawijaya, "Pengaruh Penggunaan Nanobubble dalam Transportasi Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)," *Akuatika Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 50-56, 2021.

[31] J.-X. Zhang dan Y.-H. Chen, "IoT-Based Fish Farm Water Quality Monitoring System," Sensors, vol. 22, no. 17, pp. 6700, 2022. Available: https://doi.org/10.3390/s22176700. [Accessed: Jun. 12, 2024].

[32] M. M. Meera, R. M. Kumari, dan M. K. Mohammed, "Improving Waste Water Quality of Catfish Farming Pond through Phytoremediation," *Journal of Environmental Management*, vol. 255, pp. 109-115, 2023. Available: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.109115. [Accessed: Jun. 12, 2024].

[33] S. W. Firman, K. Nirmala, E. Supriyono, dan N. T. T. Rochman, "Microbubble Technology to Improve Growth of Catfish (Clarias sp.) in Biofloc Systems," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2023. Available: https://www.jppipa.unram.ac.id/index.php/jurnal/article/view/324

[34] D. N. Saputra, K. A. Ariningsih, M. P. Wau, R. Noviyani, dan L. Firdausiyah, "Development of Water Quality Monitoring and Control System for Catfish Farming: IoT Integration in Ammonia Level Monitoring, Temperature, and Aerator Management," *UMSIDA Preprints Server*, 2023. Available: https://archive.umsida.ac.id/index.php/jurnal/article/view/31546.