

## **Sistem Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp.) dalam Kolam Terpal dengan Teknologi Nano Bubble**

### **Catfish Cultivation System (*Clarias* sp.) in Tarpaulin Ponds with Nano Bubble Technology**

Yuli Andriani<sup>1</sup>, Rizka Amalia Nurinsani<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran, Alamat Jln Ir. Soekarno KM. 21 Jatinangor, Kab. Sumedang 45363 Jawa Barat

\*Korespondensi email : [rizka21002@mail.unpad.ac.id](mailto:rizka21002@mail.unpad.ac.id)

#### **ABSTRAK**

Budidaya ikan lele (*Clarias* sp.) merupakan salah satu sektor perikanan yang berkembang pesat di Indonesia. Namun, tantangan utama dalam budidaya ini adalah penurunan kualitas air, terutama rendahnya kadar oksigen terlarut yang dapat menyebabkan stres, penyakit, dan penurunan produktivitas ikan. Teknologi nano bubble menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut secara lebih efisien dibandingkan metode aerasi konvensional. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan menganalisis berbagai jurnal dan sumber ilmiah terkait penerapan teknologi nano bubble dalam budidaya ikan lele. Hasil studi menunjukkan bahwa teknologi nano bubble mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut hingga 30% lebih tinggi dibandingkan aerasi konvensional, mengurangi senyawa beracun seperti amonia dan nitrit, serta meningkatkan efisiensi pakan dan pertumbuhan ikan. Selain itu, penggunaan nano bubble juga membantu meningkatkan tingkat kelangsungan hidup ikan hingga 40% serta mengurangi pencemaran air. Dengan berbagai manfaat tersebut, teknologi ini berpotensi menjadi solusi efektif dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya ikan lele di Indonesia.

Kata Kunci: Budidaya ikan lele, kadar oksigen terlarut, kolam terpal, teknologi nano bubble

#### **ABSTRACT**

Catfish (*Clarias* sp.) farming is one of the fastest-growing aquaculture sectors in Indonesia. However, a major challenge in this industry is water quality deterioration, particularly low dissolved oxygen levels, which can cause stress, disease, and reduced fish productivity. Nano bubble technology offers an innovative solution to increase dissolved oxygen levels more efficiently than conventional aeration methods. This study employs a literature review method by analyzing various journals and scientific sources related to the application of nano bubble technology in catfish farming. The findings indicate that nano bubble technology can increase dissolved

oxygen levels by up to 30% compared to conventional aeration, reduce toxic compounds such as ammonia and nitrite, and improve feed efficiency and fish growth. Additionally, nano bubbles enhance fish survival rates by up to 40% and reduce water pollution. Given these benefits, this technology has the potential to be an effective solution for improving the productivity and sustainability of catfish farming in Indonesia.

Key words: Catfish farming, dissolved oxygen levels, nano bubble technology, tarpaulin ponds

## PENDAHULUAN

Budidaya ikan lele (*Clarias* sp.) merupakan salah satu sektor perikanan yang berkembang pesat di Indonesia karena permintaan pasar yang tinggi dan tingkat adaptasi ikan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan (Dewi & Mulyo, 2015). Ikan lele memiliki daya tahan yang tinggi terhadap berbagai kondisi perairan, termasuk lingkungan dengan kadar oksigen rendah dan tingkat pencemaran organik yang cukup tinggi, sehingga menjadi pilihan utama bagi pembudidaya ikan air tawar (Patriono *et al.*, 2021). Selain itu, lele memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat, efisiensi konversi pakan yang tinggi, dan karakteristik reproduksi yang adaptif di lingkungan budidaya tropis (Adjie & Fatah, 2015), sehingga mampu memberikan keuntungan ekonomi dalam waktu yang relatif singkat. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP 2021), produksi ikan lele di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, produksi ikan lele di Indonesia mencapai 1,06 juta ton dengan nilai produksi sebesar Rp18,93 triliun, hal ini menunjukkan bahwa permintaan dan minat terhadap komoditas ini terus berkembang (Dahlia *et al.* 2023).

Salah satu metode yang umum digunakan dalam budidaya ikan lele adalah kolam terpal, yang memiliki keunggulan dalam hal efisiensi lahan, biaya yang relatif murah, serta kemudahan dalam pengelolaan kualitas air (Faisal *et al.*, 2022). Kolam terpal juga memungkinkan pembudidaya untuk lebih fleksibel dalam pemilihan lokasi budidaya, baik di lahan terbuka maupun di lahan yang terbatas seperti pekarangan rumah. Namun, meskipun metode ini memberikan banyak keuntungan, tantangan utama dalam budidaya ikan lele adalah menjaga kualitas air agar tetap optimal bagi pertumbuhan ikan. Akumulasi sisa pakan, kotoran ikan, serta senyawa beracun seperti amonia dan nitrit sering kali menjadi faktor pembatas dalam budidaya intensif, yang dapat menyebabkan stres pada ikan, meningkatkan risiko penyakit, serta menurunkan produktivitas budidaya (Efendi, 2022).

Aspek penting dalam menjaga kualitas air adalah kadar oksigen terlarut (DO), yang berperan dalam proses metabolisme ikan dan mikroorganisme dalam ekosistem kolam. Kekurangan oksigen terlarut dapat menyebabkan ikan mengalami stres, kehilangan nafsu makan, serta memperlambat pertumbuhan, bahkan dalam kondisi ekstrem dapat menyebabkan kematian massal (Fuadi *et al.*, 2020). Oleh karena itu, inovasi dalam sistem aerasi menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa kadar oksigen dalam air tetap berada pada tingkat optimal.

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam budidaya ikan lele adalah teknologi nano bubble (Fuadi *et al.*, 2020). Teknologi ini menghasilkan gelembung udara berukuran nano yang memiliki stabilitas tinggi di dalam air dan mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut lebih efektif dibandingkan dengan aerasi konvensional seperti aerator biasa (Zaidy *et al.*, 2021). Nano bubble memiliki keunggulan dalam meningkatkan efisiensi oksigenasi, mempercepat proses dekomposisi bahan organik, serta membantu mengurangi

senyawa beracun seperti amonia dan nitrit dalam air. Berdasarkan penelitian Puspitasari *et al.* (2022), penggunaan teknologi nano bubble dalam budidaya ikan lele dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut hingga 30% lebih tinggi dibandingkan dengan sistem aerasi konvensional, yang berdampak pada peningkatan pertumbuhan ikan serta efisiensi pakan yang lebih baik.

Dengan mempertimbangkan berbagai tantangan dalam budidaya ikan lele serta potensi yang dimiliki oleh teknologi nano bubble, studi literatur ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan nano bubble dalam budidaya ikan lele, khususnya dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut, memperbaiki kualitas air, serta meningkatkan produktivitas ikan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pembudidaya serta pihak terkait dalam mengembangkan teknologi yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam sektor akuakultur.

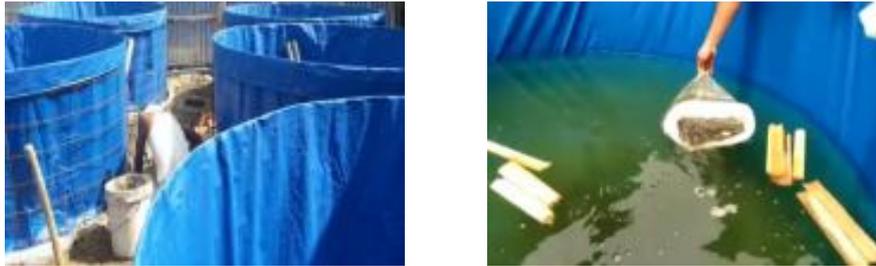
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur untuk mengkaji penerapan teknologi *nano bubble* dalam budidaya ikan lele pada sistem kolam terpal. Data diperoleh dari berbagai sumber ilmiah seperti jurnal, buku, dan laporan penelitian yang diakses melalui Google Scholar, ResearchGate, PubMed, dan ScienceDirect, dengan rentang publikasi tahun 2015–2025. Literatur dipilih berdasarkan relevansi topik, kejelasan metodologi, dan kualitas data. Analisis dilakukan secara kualitatif dengan membandingkan dan menyintesis temuan terkait peningkatan kadar oksigen terlarut (DO), pertumbuhan ikan, dan kualitas air guna menilai efektivitas teknologi *nano bubble* serta tantangan dalam implementasinya pada sektor akuakultur.

## PEMBAHASAN

### Sistem Budidaya Ikan Lele Dalam Kolam Terpal

Budidaya ikan lele (*Clarias sp.*) merupakan salah satu bentuk usaha perikanan yang sangat populer di Indonesia karena berbagai keunggulan yang dimilikinya, baik dari segi biologis maupun ekonomis. Ikan lele memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat, sehingga dapat dipanen dalam waktu relatif singkat, yakni sekitar 2,5 hingga 3 bulan setelah penebaran benih, tergantung pada sistem pemeliharaan dan kualitas pakan yang diberikan (Tasyah *et al.*, 2020). Selain itu, ikan lele dikenal memiliki daya tahan yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk perairan dengan kadar oksigen yang rendah dan tingkat pencemaran organik yang cukup tinggi, sehingga cocok untuk dibudidayakan di berbagai jenis kolam, baik kolam tanah, kolam terpal, maupun sistem bioflok. Keunggulan lainnya adalah tingkat konversi pakan yang efisien, di mana ikan lele dapat tumbuh optimal dengan pakan yang relatif murah, baik dari pakan pabrikan maupun pakan alternatif seperti limbah dapur dan sisa makanan. Salah satu metode budidaya yang banyak digunakan adalah kolam terpal, yang memiliki beberapa keunggulan seperti biaya investasi yang lebih rendah, fleksibilitas dalam lokasi budidaya, serta kemudahan dalam pengelolaan kualitas air.



**Gambar 1. Bentuk Kolam Terpal Bundar (Sutrisno 2022)**

Kolam terpal adalah wadah budidaya ikan yang menggunakan terpal sebagai material utama untuk menampung air. Kolam ini banyak digunakan dalam budidaya perikanan, terutama ikan air tawar seperti ikan lele (*Clarias* sp.), karena lebih ekonomis, fleksibel dalam pemasangan, serta mudah dalam perawatan dan pengelolaan kualitas air dibandingkan kolam tanah atau beton. Kolam terpal juga dapat mengurangi risiko kontaminasi dari lingkungan sekitar dan memberikan kontrol yang lebih baik terhadap parameter fisik dan kimia air.

Kolam ini tersedia dalam berbagai bentuk, seperti bundar (Gambar 1), persegi, dan persegi panjang, yang dapat disesuaikan dengan luas lahan, kapasitas budidaya, serta sistem manajemen air yang digunakan. Pemilihan bentuk kolam biasanya mempertimbangkan kemudahan sirkulasi air, distribusi oksigen, dan efektivitas panen. Bahan terpal yang digunakan umumnya terbuat dari material polivinil klorida (PVC) atau polietilena, yang dikenal tahan terhadap air, kuat, lentur, serta memiliki ketahanan tinggi terhadap kebocoran dan kerusakan akibat sinar UV maupun tekanan air (Hidayat *et al.*, 2022).

Kolam terpal memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya pilihan populer dalam budidaya ikan lele, terutama bagi pembudidaya skala kecil hingga menengah. Salah satu keunggulan utamanya adalah biaya konstruksi yang relatif lebih murah dibandingkan dengan kolam beton, sehingga lebih ekonomis untuk memulai usaha budidaya. Selain itu, kolam terpal menawarkan fleksibilitas dalam hal lokasi karena dapat dipasang di berbagai tempat, termasuk lahan sempit atau pekarangan rumah. Dari segi operasional, kolam ini juga lebih mudah dalam hal perawatan, seperti pengelolaan kualitas air, pembersihan dasar kolam, serta pengendalian hama dan penyakit. Keunggulan lainnya adalah kemampuan dalam mengontrol kualitas air secara lebih baik, yang membantu mengurangi risiko kontaminasi dari lingkungan luar seperti pada kolam tanah. Dengan sistem yang tertutup dan terkontrol, kolam terpal juga memungkinkan penerapan sistem budidaya intensif dengan kepadatan ikan yang lebih tinggi, sehingga lebih efisien dalam meningkatkan produktivitas.

### **Kebutuhan Oksigen Ikan Lele**

Budidaya ikan lele memiliki potensi ekonomi yang besar, namun juga menghadapi berbagai tantangan yang dapat memengaruhi produktivitas dan keberlanjutannya. Salah satu tantangan utama adalah pengelolaan kualitas air, terutama dalam sistem budidaya intensif dengan padat tebar tinggi. Menurut Dewi & Mulyo (2015), padat tebar yang optimal untuk ikan lele berada pada kisaran 100–200 ekor/m<sup>2</sup>, tergantung pada ukuran benih yang digunakan. Sementara itu, perlakuan dengan padat tebar yang lebih tinggi, seperti 400, 800, hingga 1200 ekor/m<sup>2</sup>, dilaporkan tidak menunjukkan perbedaan produksi yang signifikan.

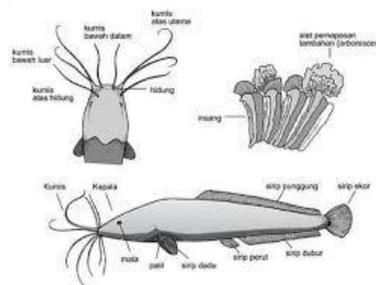
Ikan lele dikenal sebagai spesies yang toleran terhadap kadar oksigen rendah. Namun demikian, untuk mendukung pertumbuhan yang optimal, ikan lele tetap

memerlukan kadar oksigen terlarut dalam air pada kisaran 4–7 mg/L. Jika kadar oksigen turun di bawah 3 mg/L, ikan dapat mengalami stres fisiologis, penurunan nafsu makan, terhambatnya pertumbuhan, dan menyebabkan kenaikan kadar glukosa darah sehingga menurunkan kelulusan hidup (Ratulangi *et al.*, 2022; Yustiati *et al.* 2017). Kebutuhan oksigen ini juga bervariasi sesuai dengan tahapan pertumbuhan (stadia) ikan yang dapat dilihat pada Tabel 1. Pada sistem dengan kepadatan tinggi, penurunan kadar oksigen sering kali terjadi dan dapat menurunkan tingkat kelangsungan hidup, terutama pada fase awal pemeliharaan. Tingkat kematian yang cukup tinggi umumnya terjadi pada minggu ketiga masa budidaya.

Tabel 1. Kebutuhan Oksigen Ikan Lele Berdasarkan Stadia Hidup

Stadia Ikan Lele	Kisaran Optimal (mg/L)	DO	Keterangan
Larva (0–2 minggu)	5–7 mg/L		Rentan terhadap stres, sangat bergantung pada DO
Benih (2–6 minggu)	4–6 mg/L		Pertumbuhan cepat, kebutuhan oksigen tinggi
Pendederan (6–8 minggu)	4–5 mg/L		Toleran, tapi tetap sensitif terhadap penurunan DO
Pembesaran (>8 minggu)	3–5 mg/L		Toleran lebih tinggi, tapi produksi optimal butuh DO stabil
Dewasa (>2 bulan)	3–4 mg/L		Tahan rendah DO, tapi pertumbuhan bisa melambat bila <3 mg/L

Ikan lele memiliki sistem pernapasan ganda yang memungkinkannya bertahan hidup dalam lingkungan dengan kadar oksigen rendah. Sistem pernapasan utamanya adalah insang (*branchial respiration*), yang berfungsi untuk pertukaran gas dalam air. Selain itu, ikan lele juga dilengkapi dengan organ pernapasan tambahan, yaitu organ labirin (suprabranchial organ), yang memungkinkan ikan menyerap oksigen langsung dari udara, sehingga mampu bertahan dalam kondisi hipoksia (Gambar 2). Organ ini dilengkapi dengan struktur khas berupa arborescent organ yang menyerupai dedaunan berwarna merah, berfungsi sebagai alat bantu pernapasan untuk mengambil oksigen langsung dari udara. Keberadaan sistem ini menjadikan ikan lele sangat adaptif terhadap kondisi lingkungan dengan kadar oksigen terlarut yang minim (Sanutra *et al.*, 2022).



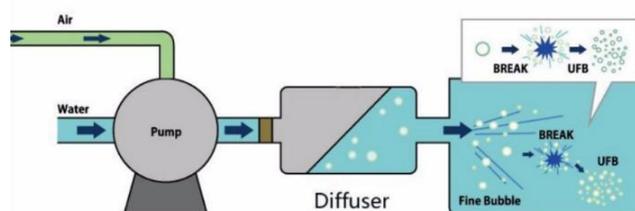
Gambar 2. Sistem Pernafasan Ikan Lele

Oksigen memiliki peran yang sangat penting dalam proses metabolisme aerobik ikan lele. Salah satu fungsi utamanya adalah dalam respirasi seluler, yaitu proses pengubahan makanan menjadi energi (ATP) yang digunakan untuk menunjang

aktivitas tubuh. Selain itu, oksigen juga berperan dalam mendukung pertumbuhan ikan melalui sintesis protein dan regenerasi jaringan. Ketersediaan oksigen terlarut (dissolved oxygen/DO) yang stabil turut memperkuat sistem imun ikan sehingga mampu melawan patogen dengan lebih baik. Dalam aspek efisiensi pakan, oksigen yang cukup akan meningkatkan rasio konversi pakan (Feed Conversion Ratio/FCR), sehingga pakan dapat dimanfaatkan secara optimal. Sebaliknya, jika kadar DO turun di bawah 3 mg/L, ikan dapat mengalami stres, kehilangan nafsu makan, gangguan pencernaan, dan menjadi lebih rentan terhadap serangan penyakit. Kondisi ini sering terjadi dalam sistem budidaya intensif seperti kolam terpal dengan padat tebar tinggi, di mana penumpukan kotoran, sisa pakan, dan senyawa toksik seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) turut memperburuk kualitas air dan menurunkan kadar oksigen terlarut (Efendi, 2022; Fuadi *et al.*, 2020).

### Pemanfaatan Teknologi Nano Bubble sebagai Aerator

Nano bubble merupakan teknologi yang dapat menghasilkan gelembung halus berukuran 1–100  $\mu\text{m}$  yang mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut lebih tinggi dibandingkan dengan gelembung yang berasal dari aerator biasa (Puspitasari *et al.*, 2022) (Gambar 3). Penggunaan teknologi nanobubble dalam sistem perikanan budidaya memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas air melalui beberapa mekanisme. Nanobubble mampu menghilangkan berbagai kontaminan, seperti sisa pakan, kotoran ikan, dan bahan organik terlarut, dengan cara meningkatkan oksidasi dan mempercepat proses dekomposisi. Ketika nanobubble pecah di dalam air, gelembung-gelembung berukuran sangat kecil ini menghasilkan radikal hidroksil yang bersifat sangat reaktif. Radikal ini membantu menghancurkan senyawa organik dan mengoksidasi zat pencemar seperti amonia dan nitrit menjadi bentuk yang kurang berbahaya. Selain itu, nanobubble juga meningkatkan kadar oksigen terlarut secara stabil dan merata, yang pada akhirnya mendukung aktivitas mikroorganisme aerobik dalam mendegradasi limbah organik secara lebih efisien. (Zaidy *et al.*, 2021).



**Gambar 3. Teknologi Nano Bubble (Puspitasari *et al.*, 2022)**

Salah satu manfaat utama dari nanobubble adalah kemampuannya dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut (dissolved oxygen) secara lebih efisien. Penggunaan nano bubble selama 4 jam dapat meningkatkan oksigen terlarut menjadi 42 mg/L pada suhu 20°C, dalam waktu 24 jam oksigen terlarut bertahan pada konsentrasi 13,5 mg/L (Tekile *et al.*, 2016). Oksigen yang lebih tinggi dalam air mempercepat proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme aerobik, sehingga membantu mengurangi limbah organik yang dapat mencemari lingkungan budidaya. Selain itu, proses ini juga mempercepat penguraian senyawa beracun seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ), yang berasal dari sisa metabolisme ikan dan bahan organik yang membusuk.

Amonia dalam konsentrasi tinggi dapat bersifat toksik bagi ikan, menyebabkan stres, menghambat pertumbuhan, dan meningkatkan risiko penyakit. Teknologi nanobubble dapat menurunkan daya racun amonia dengan dua mekanisme utama.

Pertama, oksidasi biologis yang dipercepat oleh peningkatan kadar oksigen memungkinkan bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* untuk mengubah amonia menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan akhirnya menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), yang kurang beracun bagi ikan. Kedua, reaksi fisik dan kimia yang terjadi pada permukaan gelembung nano dapat membantu mengoksidasi amonia secara langsung, sehingga mengurangi dampaknya terhadap ekosistem perairan (Zaidy *et al.*, 2021).

Puspitasari *et al.* (2022) menjelaskan bahwa penggunaan nano bubble dalam kolam budidaya ikan lele meningkatkan kadar oksigen terlarut hingga 30% dibandingkan dengan aerasi konvensional, yang berdampak pada peningkatan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Selain itu, penggunaan NFB juga terbukti dapat menurunkan kadar amonia dan nitrit dalam air, sehingga meningkatkan kualitas lingkungan budidaya (Aghnia *et al.*, 2016) (Tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan antara Metode Aerasi Konvensional dan Teknologi Nano Bubble

Parameter	Aerasi Konvensional	Teknologi Nano Bubble
Kadar Oksigen (mg/L)	5-7	8-12
Efisiensi Pakan	70%	85%
Tingkat Kelangsungan Hidup	60-75%	85-95%
Penurunan Amonia	Rendah	Tinggi
Durasi Stabilitas Oksigen	Singkat (1-2 jam)	Lama (12-24 jam)

Selain itu, nano bubble juga memiliki efek sterilisasi alami, membantu mengurangi jumlah bakteri patogen dan meningkatkan kejernihan air, sehingga mengurangi kebutuhan akan antibiotik atau bahan kimia lainnya. Teknologi ini dapat diterapkan dalam berbagai sistem budidaya, termasuk kolam tanah, kolam terpal, dan sistem bioflok, menjadikannya solusi yang fleksibel dan efisien dalam meningkatkan produktivitas serta keberlanjutan usaha perikanan (Puspitasari *et al.*, 2022; Susanti *et al.*, 2021).



Gambar 4. Penerapan Teknologi Nano Bubble dalam Kolam Terpal (Puspitasari *et al.*, 2022)

Pada penelitian Puspitasari *et al.* (2022), sistem perangkat teknologi nano bubble dirancang bekerja secara otomatis dengan fitur auto power timer setelah dinyalakan melalui saklar (Gambar 4). Pengguna dapat mengatur kecepatan keluaran gelembung udara dengan mengganti nozzle low speed untuk kecepatan rendah atau nozzle high speed untuk kecepatan tinggi. Selain itu, perangkat ini dilengkapi dengan inlet oksigen untuk menambahkan oksigen murni ke dalam air kolam. Fitur ozon

generator yang tersedia dapat diaktifkan atau dinonaktifkan sesuai kebutuhan untuk mensterilisasi air. Secara berkala, perangkat akan mengambil sampel air untuk memeriksa kadar oksigen terlarut (DO), kekeruhan, pH, dan suhu, sehingga seluruh proses berjalan secara otomatis dan berkelanjutan.

Nano bubble memiliki ukuran yang sangat kecil (kurang dari 200  $\mu\text{m}$ ) dan memiliki stabilitas tinggi di dalam air. Karena ukurannya yang kecil, nano bubble tidak mudah naik ke permukaan dan melepaskan oksigen secara perlahan ke dalam air, sehingga kadar oksigen terlarut meningkat secara signifikan dan bertahan lebih lama dibandingkan aerasi konvensional. Ukuran nano bubble yang optimal untuk meningkatkan produktivitas ikan lele berkisar antara 50-200  $\mu\text{m}$ . Gelembung dengan ukuran ini memiliki kemampuan tinggi dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut, mempercepat degradasi bahan organik di dalam air, serta mengurangi akumulasi senyawa beracun seperti amonia dan nitrit. Selain itu, penggunaan teknologi ini juga mampu membunuh bakteri aerob maupun anaerob, mengurangi tingkat pencemaran air, dan meningkatkan kualitas air kolam (Patriono *et al.*, 2021).

Teknologi nano bubble juga telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kualitas air dan kesehatan organisme budidaya, termasuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Penelitian oleh Mahasri *et al.* (2018) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi nano bubble dalam sistem akuakultur ikan nila dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) secara signifikan, yang berkontribusi pada pertumbuhan dan kesehatan ikan. Selain itu, studi oleh Linh *et al.* (2021) menemukan bahwa perlakuan dengan ozone nano bubble ( $\text{NB-O}_3$ ) dapat mengaktifkan sistem imun bawaan ikan nila, meningkatkan ekspresi gen terkait kekebalan, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup setelah tantangan infeksi bakteri *Streptococcus agalactiae*.

Dalam budidaya udang vaname, teknologi nano bubble telah digunakan untuk meningkatkan kualitas air dan kesehatan udang. Studi oleh Susanti *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penggunaan nano bubble dapat meningkatkan kadar DO dan menurunkan konsentrasi amonia total nitrogen (TAN), yang penting untuk kesehatan udang. Selain itu, penelitian oleh Rahmawati *et al.* (2020) menemukan bahwa penggunaan nano bubble dalam kolam raceway indoor dapat meningkatkan pertumbuhan, efisiensi pakan, dan tingkat kelangsungan hidup udang vaname.

Dengan demikian, penerapan teknologi nanobubble tidak hanya meningkatkan kualitas air tetapi juga menciptakan lingkungan budidaya yang lebih sehat, meningkatkan pertumbuhan ikan, serta mengurangi kebutuhan akan pergantian air yang sering, sehingga lebih efisien dan ramah lingkungan.

### **Aplikasi Nano Bubble dalam Budidaya Ikan Lele**

Teknologi nano bubble atau microbubble merupakan inovasi yang terbukti mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam media budidaya. Dengan ukuran gelembung yang sangat kecil (<50  $\mu\text{m}$ ), teknologi ini memungkinkan oksigen bertahan lebih lama dalam air dan tersebar merata, sehingga meningkatkan efisiensi respirasi ikan, kualitas air, serta menurunkan stres dan angka kematian. Sejumlah penelitian telah membuktikan bahwa penerapan teknologi ini berdampak signifikan terhadap pertumbuhan, konversi pakan, dan kelangsungan hidup ikan lele, baik dalam sistem konvensional, bioflok, maupun resirkulasi.

Tabel 3. Efektivitas Teknologi Nano/Microbubble dalam Meningkatkan Produktivitas Ikan Lele

Sistem Budidaya	Parameter	Hasil	Sumber
Microbubble dengan variasi padat tebar	SR, SGR, FCR, kualitas air	SR tertinggi 88,61%, SGR 3,91%, FCR 1,29 pada kepadatan 2 ekor/L	Ratulangi <i>et al.</i> (2022)
Bioflok + Microbubble aerasi konvensional	SR, pertumbuhan berat dan panjang, DO, FCR	SR 85% dan pertumbuhan berat 8,00 g pada perlakuan microbubble	Setyono <i>et al.</i> (2023)
Akuarium + Microbubble + IoT monitoring	Pertumbuhan (10 hari), DO, real-time control	Pertumbuhan ikan meningkat 30% dibanding tanpa microbubble	Islamy <i>et al.</i> (2025)
Nano Microbubble Aerator kolam terpal	DO, kapasitas benih, mortalitas	DO meningkat 25%, kapasitas benih naik 31%, kematian turun 60%	Puspitasari <i>et al.</i> (2022)
Bioflok + Nano Bubble	Waktu panen, bobot ikan, efisiensi pakan	Panen lebih cepat (9 minggu), bobot meningkat 50%, mortalitas turun 40%	Fuadi <i>et al.</i> (2020)
Budidaya ikan lele ( <i>Clarias</i> sp.) dengan teknologi microbubble	SR, SGR, FCR, DO, pH, suhu, amonia, nitrit, nitrat, OCR, dan total bahan organik (TOM)	Tingkat kelangsungan hidup hingga 85% (naik sekitar 59% dibandingkan tanpa aerasi), pertumbuhan berat 8,00 g (naik sekitar 62%), dan pertumbuhan panjang 7,06 cm (naik sekitar 99%)	Setyono <i>et al.</i> (2023)

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa teknologi nano/microbubble memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan produktivitas budidaya ikan lele. Salah satu manfaat utama dari penerapan teknologi ini adalah peningkatan kadar oksigen terlarut (DO) dalam media budidaya, yang secara langsung berdampak pada efisiensi metabolisme ikan, peningkatan laju pertumbuhan, serta penurunan tingkat mortalitas. Penelitian oleh Ratulangi *et al.* (2022) menunjukkan bahwa sistem microbubble paling efektif diterapkan pada kepadatan tebar rendah (2 ekor/L), dengan hasil survival rate (SR) tertinggi mencapai 88,61% dan efisiensi pakan ditunjukkan oleh nilai FCR yang rendah (1,29). Temuan ini konsisten dengan penelitian Setyono *et al.* (2023), yang melaporkan bahwa aerasi menggunakan microbubble mampu meningkatkan SR hingga 85%, lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa aerasi maupun menggunakan aerator konvensional.

Studi lain yang dilakukan oleh Puspitasari *et al.* (2022) dan Fuadi *et al.* (2020) menegaskan manfaat tambahan dari teknologi nano bubble, yaitu peningkatan kapasitas tebar, penurunan angka kematian ikan, serta percepatan waktu panen

hingga hanya 9 minggu. Sementara itu, pemanfaatan Internet of Things (IoT) seperti yang diterapkan dalam penelitian Islamy *et al.* (2025) menunjukkan potensi integrasi teknologi digital dengan sistem aerasi modern untuk mendukung pemantauan kadar DO secara real-time dan pengambilan keputusan cepat dalam budidaya intensif.

Dibandingkan dengan teknologi lain, teknologi nano/microbubble menunjukkan keunggulan yang nyata. Aerator konvensional, seperti kincir air atau aerator batu udara, memang digunakan untuk meningkatkan kadar DO, namun efektivitasnya hanya terbatas pada area sekitar alat dan tidak menyebar merata ke seluruh kolam. Efisiensi transfer oksigennya juga lebih rendah serta konsumsi energi cenderung lebih tinggi. Dalam studi oleh Yaparathne *et al.* (2024), teknologi micro-nanobubble terbukti memiliki efisiensi aerasi lebih baik dan konsumsi energi lebih rendah dibandingkan dengan aerator konvensional.

Sistem resirkulasi akuakultur (RAS) juga dikenal efektif dalam menjaga kualitas air karena mampu mendaur ulang air budidaya secara berkelanjutan. Namun, teknologi ini memiliki keterbatasan dalam hal biaya dan kompleksitas operasional, menjadikannya kurang ideal untuk pembudidaya skala kecil hingga menengah. Meskipun RAS menawarkan pengendalian kualitas air yang unggul, kebutuhan investasi awal dan tenaga teknis yang tinggi sering kali menjadi hambatan utama (Firdausi *et al.* 2024).

Sistem bioflok tanpa dukungan aerasi nano bubble juga telah diterapkan secara luas karena kemampuannya dalam mengolah limbah organik menjadi biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan tambahan. Dalam penelitian Soedibya *et al.* (2017), sistem ini menunjukkan peningkatan efisiensi pertumbuhan ikan. Namun, tanpa dukungan teknologi aerasi yang mumpuni seperti nano bubble, sistem bioflok dapat mengalami penurunan kualitas air akibat penumpukan bahan organik dan menurunnya kadar DO.

Secara keseluruhan, penerapan teknologi nano/microbubble dalam budidaya ikan lele di kolam terpal terbukti memberikan dampak positif secara biologis maupun ekologis. Selain meningkatkan efisiensi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan, teknologi ini juga mampu menjaga kualitas air secara lebih efektif dan berkelanjutan. Meskipun demikian, keberhasilan implementasinya sangat dipengaruhi oleh kepadatan tebar, jenis sistem budidaya, serta dukungan perangkat tambahan seperti pompa, filter, dan sistem kontrol otomatis yang memadai.

## KESIMPULAN

Teknologi nano bubble telah terbukti memberikan dampak positif yang signifikan dalam sistem budidaya ikan lele. Penerapan teknologi ini mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam air secara stabil dan merata, yang secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan laju pertumbuhan ikan, efisiensi konversi pakan (FCR), serta tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi. Selain itu, teknologi nano bubble juga berperan dalam memperbaiki kualitas air melalui proses oksidasi yang efektif dalam menurunkan konsentrasi senyawa beracun seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), yang sering menjadi penyebab stres dan kematian ikan dalam sistem intensif.

Dengan ukuran gelembung yang sangat kecil, nano bubble dapat bertahan lebih lama dalam kolom air dan meningkatkan distribusi oksigen hingga ke bagian terdalam kolam. Hal ini menjadikan lingkungan budidaya lebih sehat, stabil, dan berkelanjutan, terutama dalam sistem padat tebar tinggi seperti kolam terpal dan bioflok.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian yang telah dianalisis, teknologi ini tidak hanya menjawab tantangan dalam pengelolaan kualitas air, tetapi juga menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha budidaya ikan lele di masa depan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang sudah berpartisipasi dan mendukung penyusunan jurnal ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adjie, S, dan Fatah, K. 2015. Biologi Reproduksi Ikan Red Devil (*Amphilopus labiatus*) dan (*Amphilopus citrinellus*) Di Waduk Kedungombo, Jawa Tengah. *Jurnal Widya Riset Perikanan Tangkap*, 7 (1): 17-24.
- Aghnia, W. N., Yustiati, A., & Rosidah, R. (2016). Aplikasi Teknologi Nano Dalam Sistem Aerasi Pada Pendederan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan Kelautan*, 7(2).
- Dahlia, B., Hasmidar, & Jumardi. (2023). Strategi pengembangan budidaya ikan lele (*Clarias sp.*) pada kolam terpal. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(2), 1291–1298
- Dewi, D. K., & Mulyo, J. H. (2015). Production analysis of catfish (*Clarias gariepinus*) farming: Cobb Douglas production function. *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.)*, 17(2), 54–60. ISSN: 0853-6384.
- Efendi, H., Kaswanto, R.L., Wardiatno, Y., Bengen, D.G., Setiawan, B.I., Pawitan, H., Soetarto E, Damayanthi, E., Arifin, H.S., Widanarni. (2022). *Water Front City: Kota Tepian Air Ramah Lingkungan. Policy Brief Dewan Guru Besar IPB University.*
- Faisal, Herry Nur. Studi Kelayakan Usaha Budidaya Ikan Lele Dengan Sistem Kolam Terpal. *AGRIBIOS*, [S.I.], v. 20, n. 2, p. 219-226, nov. 2022. ISSN 2723-7044.
- Firdausi, A. P., Indriastuti, C. E., Kusumanti, I., Ramadhani, D. E., Tunisa, R. A., Maulana, A. Z. A., Sasmita, G. A. T., Rizky, M. F. A., Wiyoto, W., Adycha, P. A., & Ihsan, M. F. M. (2024). Efektivitas budidaya ikan lele dengan recirculating aquaculture system (RAS) di Sujafish Farm, Kecamatan Cikole, Kota Sukabumi. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 11(1), 1–12. ISSN 2355-6226, E-ISSN 2477-0299.
- Fuadi, A., Sami, M., & Usman. (2020). Teknologi tepat guna budidaya ikan lele dalam kolam terpal metode bioflok dilengkapi aerasi nanobubble oksigen. *Jurnal Vokasi*, Vol. 4 No. 1 April 2020. ISSN 2548-4117.
- Islamy, F., Fauzan, M., Sakti, I., & Roslidar. (2025). Peningkatan hasil budidaya ikan lele melalui pengendalian kualitas air dengan microbubble dan sistem monitoring IoT. *Cyberspace: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 9(1), 88–102.
- Linh, N. V., Dien, L. T., Panphut, W., Thapinta, A., Senapin, S., St-Hilaire, S., Rodkhum, C., & Dong, H. T. (2021). Ozone nanobubble modulates the innate defense system of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) against *Streptococcus agalactiae*. *Fish & shellfish immunology*, 112, 64–73. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.02.015>
- Mahasri, G., Saskia, A., Apandi, P. S., Dewi, N. N., Rozi, & Usman, N. M. (2018). Development of an aquaculture system using nanobubble technology for the

- optimization of dissolved oxygen in culture media for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 137(1), 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/137/1/012046>
- Patriono, E., Amalia, R., & Sitia, M. (2022). Kualitas air kolam budidaya dan kolam terpal untuk pertumbuhan ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) pada kelompok pembudidaya ikan Lele di Kabupaten PALI Sumatera Selatan. *Sriwijaya Bioscientia*, 2(3), 83–88. <https://doi.org/10.24233/sribios.2.3.2021.378>
- Puspitasari, P., Permanasari, A. A., Sukarni, S., Taufiq, A., & Susilo, G. D. (2022). Implementasi teknologi nano microbubble aerator pada kolam lele untuk meningkatkan kadar oksigen air dan mempercepat pertumbuhan benih ikan lele. *JP2T*, 3(1), April. E-ISSN 2686-1232.
- Rahmawati, A. I., Saputra, R. N., Hidayatullah, A., Dwiarto, A., Junaedi, H., Cahyadi, D., Saputra, H. K. H., Prabowo, W. T., Kartamiharja, U. K. A., Shafira, H., Noviyanto, A., & Rochman, N. T. (2020). Enhancement of *Penaeus vannamei* shrimp growth using nanobubble in indoor raceway pond. *Aquaculture and Fisheries*, 6(3), 314–320. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.03.005>
- Ratulangi, R., Junaidi, M., & Setyono, B. D. H. (2022). Performa pertumbuhan ikan lele (*Clarias* sp.) pada budidaya teknologi microbubble dengan padat tebar yang berbeda. *Journal Perikanan*, 12(4), 544-554. <https://doi.org/10.29303/jp.v12i4.365>
- Sanutra, S., Syazali, M., & Erfan, M. (2022). Identifikasi jenis-jenis ikan yang terdapat di Sungai Ampenan, Mataram Nusa Tenggara Barat. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 2(2), 47–52.
- Setyono, B. D. H., Baihaqi, L. W. A., Marzuki, M., Atmawinata, L. M., Fitria, S., & Affandi, R. I. (2023). Microbubble Technology to Improve Growth of Catfish (*Clarias* sp.) . *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7373–7382. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.3433>
- Soedibya P. H. T., Pramono T. B., & Listiowati E. (2017). Growth performance of African catfish *Clarias gariepinus* cultured in biofloc system at high stocking density. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 16(2), 244-252. <https://doi.org/10.19027/jai.16.2.244-252>
- Susanti, L., Utomo, S. W., & Takarina, N. D. (2020). Dissolved oxygen, temperature, and total ammonia nitrogen management of *Penaeus vannamei* postlarvae 10 hatchery using nanobubble technology. *Proceedings of the International Conference on Fisheries and Aquaculture*, 6(1), 103. <https://doi.org/10.17501/23861282.2020.6103>
- Susanti, L., Utomo, S. W., & Takarina, N. D. (2021). Sustainability and feasibility assessments of nanobubble aeration technology in economic-socio environment of *Penaeus vannamei* shrimp farming. *BIO Web of Conferences*, 33, 05005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213305005>
- Sutrisno. (2022). Kolam bundar dengan sistem drum. *DAYA-MAS: Media Komunikasi Hasil Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 7(1), 20.
- Tasyah, Novira & Mulyono, Mugi & Farchan, Moch & Panjaitan, Amyda & Thaib, Effi. (2020). Performa Budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) Sistem Bioflok Dengan Intervensi Grading. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*. 18. 168. 10.32663/ja.v18i2.1297
- Yaparatne, S., Morón-López, J., Bouchard, D., Garcia-Segura, S., & Apul, O. G. (2024). Nanobubble applications in aquaculture industry for improving harvest

- yield, wastewater treatment, and disease control. *The Science of the total environment*, 931, 172687. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172687>
- Yustiati A, Pribadi SS, Rizal A & Lili W. (2017). Pengaruh kepadatan pada pengangkutan dengan suhu rendah terhadap kadar glukosa darah dan kelulusan hidup ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuatika Indonesia*, 2, (2), 137-145.
- Zaidy, A. B., Anggoro, A. D., & Kasmawijaya, A. (2021). Pengaruh penggunaan nanobubble dalam transportasi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuatika Indonesia*, 6(2), 50. ISSN 2528-052X, E-ISSN 2621-7252.