

Optimasi Budi Daya Ikan Nila Menggunakan *Recirculating Aquaculture Systems* (RAS) di Kolam Terpal Bundar: Analisis Kelayakan Tahap Pendedederan

Optimizing Tilapia Farming Using Recirculating Aquaculture Systems (RAS) in Round Tarpaulin Ponds: Feasibility Analysis of the Fingerling Stage

*Dhady Pelita Mahargyo, Buyung Purnomo Waluyo, Prayoto, Sugeng Rahardjo, Sri Wartini, Bambang Supriyadi dan Rida Widyastuti

Program Studi Agribisnis Perikanan Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo
Jl. Raya Buncitan, Gedangan, Dusun Kp. Baru, Buncitan, Kec. Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

ARTICLE INFO

Diterima tanggal : 25 April 2025
Perbaikan naskah: 15 November 2025
Disetujui terbit : 16 Desember 2025

*Korespondensi penulis:
Email: dhadysolo@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jksekp.v1i2.15605>



ABSTRAK

Budi daya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) memegang peran strategis dalam penyediaan protein perikanan, namun peningkatan produksi masih dihadapkan pada tantangan efisiensi dan keberlanjutan, khususnya pada tahap pendedederan yang bersifat kritis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis dan finansial pendedederan ikan nila menggunakan *Recirculating Aquaculture Systems (RAS)* pada kolam terpal bundar di SLP Magetan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Penelitian dilakukan melalui pendekatan eksperimental berbasis demplot lapangan dengan pengumpulan data kualitas air, parameter teknis pemeliharaan, biaya investasi dan operasional, serta hasil produksi. Analisis kelayakan finansial dilakukan menggunakan indikator keuntungan usaha, *Revenue - Cost Ratio*, *Break Even Point*, *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, dan *Payback Period*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *RAS* menghasilkan keuntungan bersih Rp213.625 per siklus dengan nilai *Revenue - Cost Ratio* sebesar 1,10 dan *Break Even Point* penjualan sebesar Rp1.658.317,95 per siklus. Analisis jangka panjang menunjukkan nilai *Net Present Value* sebesar Rp17.178.294 pada tingkat suku bunga 13% serta *Internal Rate of Return* sebesar 27,58%, yang mengindikasikan bahwa usaha mampu menciptakan nilai tambah dan tingkat pengembalian yang kompetitif. Namun demikian, *Payback Period* selama 12 tahun 7 bulan melampaui umur proyek delapan tahun, menunjukkan keterbatasan dari sisi likuiditas dan kecepatan pengembalian modal. Temuan ini menegaskan bahwa pendedederan nila berbasis *RAS* layak secara teknis dan finansial dalam perspektif nilai dan pengembalian, tetapi memerlukan optimasi biaya awal dan dukungan pembiayaan agar berkelanjutan. Implikasi penelitian ini memberikan dasar empiris bagi pengambilan keputusan teknis dan kebijakan dalam pengembangan budidaya nila berbasis *RAS*.

Kata Kunci: pendedederan ikan nila; *recirculating aquaculture systems*; analisis kelayakan finansial; kolam terpal bundar; budi daya berkelanjutan

ABSTRACT

Nile tilapia (Oreochromis niloticus) aquaculture plays a strategic role in global fish protein supply; however, production expansion continues to face efficiency and sustainability challenges, particularly during the critical fingerling stage. This study aims to evaluate the technical and financial feasibility of tilapia fingerling production using a Recirculating Aquaculture System (RAS) in round tarpaulin ponds at SLP Magetan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. The research employed a field-based experimental demonstration plot, collecting data on water quality, husbandry performance, investment and operational costs, and production output. Financial feasibility was assessed using profit analysis, Revenue-Cost Ratio, Break Even Point, Net Present Value, Internal Rate of Return, and Payback Period. The results indicate that RAS-based fingerling production generates a net profit of IDR 213,625 per cycle with a Revenue-Cost Ratio of 1.10 and a Break Even Point of IDR 1,658,317.95 per cycle. Long-term analysis shows a positive Net Present Value of IDR 17,178,294 at a 13% discount rate and an Internal Rate of Return of 27.58%, confirming the project's ability to create economic value and offer a competitive return. Nevertheless, the Payback Period of 12 years and 7 months exceeds the project lifespan of eight years, indicating constraints related to liquidity and capital recovery speed. These findings suggest that RAS-based tilapia fingerling production is technically viable and financially attractive in terms of value creation, yet requires cost optimization and appropriate financing schemes to enhance long-term sustainability. The study provides empirical evidence to support technical decision-making and policy formulation for sustainable RAS-based tilapia aquaculture.

Keywords: tilapia fingerling production; *recirculating aquaculture systems*; financial feasibility analysis; round tarpaulin ponds; sustainable aquaculture

PENDAHULUAN

Budi daya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu sektor akuakultur yang strategis seiring meningkatnya permintaan global terhadap sumber protein perikanan. Nilai pasar ikan nila dunia pada tahun 2023 diperkirakan mencapai USD 13,9 miliar dan diproyeksikan meningkat menjadi USD 21,6 miliar dalam sepuluh tahun ke depan (KKP, 2023). Peningkatan permintaan

tersebut mendorong intensifikasi produksi, yang pada praktik konvensional sering diikuti oleh meningkatnya tekanan terhadap lingkungan akibat akumulasi limbah organik, sisa pakan, dan ekskresi ikan yang menurunkan kualitas perairan (Aquarista *et al.*, 2012; Sagala *et al.*, 2025). Kondisi ini menegaskan kebutuhan akan teknologi budi daya yang tidak hanya produktif, tetapi juga mampu menjaga keberlanjutan lingkungan dan efisiensi penggunaan sumber daya.

Salah satu tantangan utama dalam budi daya ikan nila adalah rendahnya efisiensi pemanfaatan pakan, di mana hanya sekitar seperempat pakan yang terkonversi menjadi biomassa ikan, sementara sisanya terbuang sebagai limbah terlarut maupun terendap (Avnimelech, 2009; Purnomo, 2012; Putri *et al.*, 2015). Pada fase pendederasan, tantangan ini menjadi semakin krusial karena stabilitas kualitas air dan kepadatan tebar sangat menentukan tingkat kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan benih. Sejumlah studi menunjukkan bahwa pengendalian kualitas air yang konsisten merupakan faktor kunci dalam mendukung keberhasilan pendederasan ikan nila, terutama pada sistem budi daya intensif (Amin *et al.*, 2022; Sri-Uam *et al.*, 2016).

Di sisi lain, peningkatan produksi ikan nila pada tahap pembesaran secara langsung meningkatkan kebutuhan akan ketersediaan benih yang berkualitas dan berkelanjutan. Keterbatasan pasokan benih telah diidentifikasi sebagai salah satu kendala utama dalam pengembangan budi daya nila (Sumarni, 2018), sementara keberlanjutan produksi sangat dipengaruhi oleh kemampuan sistem pembenihan dan pendederasan dalam menyediakan benih secara kontinu (Ghozali *et al.*, 2021). Pendederasan sebagai segmen antara pembenihan dan pembesaran berperan strategis dalam mempercepat perputaran usaha dan menyesuaikan kapasitas produksi dengan kondisi sarana prasarana yang tersedia (Budiana & Rahardja, 2018).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penerapan *Recirculating Aquaculture Systems* (RAS) dalam budi daya ikan nila dan menunjukkan keunggulannya dalam menjaga kualitas air serta efisiensi penggunaan air (Sri-Uam *et al.*, 2016; Clough *et al.*, 2020), kajian yang secara spesifik menelaah kelayakan teknis dan finansial RAS pada tahap pendederasan dengan konfigurasi kolam terpal bundar masih terbatas, khususnya dalam konteks skala lapang di Indonesia. Padahal, desain kolam terpal bundar berpotensi meningkatkan efisiensi ruang, kemudahan pengelolaan, dan pengendalian kepadatan ikan, yang sangat relevan untuk fase pendederasan (Pantjara *et al.*, 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menelaah secara kritis kelayakan teknis dan finansial pendederasan ikan nila melalui penerapan sistem RAS pada kolam terpal bundar di SLP Magetan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental berbasis desplot dengan pengamatan langsung terhadap parameter teknis budi daya, biaya investasi dan operasional, serta hasil produksi. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan

gambaran empiris mengenai kinerja sistem RAS pada tahap pendederasan sebagai dasar analisis kelayakan dan pengambilan keputusan pada pengembangan budi daya ikan nila selanjutnya.

Sumber data utama dalam penelitian ini diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan, biaya investasi dan operasional. Selain itu, data tentang hasil panen juga dicatat, yang meliputi ukuran ikan nila yang dipanen, jumlah ikan, dan harga pasar ikan yang dihasilkan. Data-data tersebut selanjutnya dianalisis untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dari budi daya ikan nila menggunakan teknologi RAS. Evaluasi kelayakan ekonomi yang digunakan adalah analisis pendapatan usaha atau keuntungan dan analisis Imbangan Penerimaan dan Biaya (*Revenue-Cost Ratio*), *Break Even Point (BEP)* Penjualan, *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, dan *Payback Period (PP)*

Prosedur penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap yang dimulai dengan persiapan budi daya. Tahap persiapan mencakup penyediaan bahan dan peralatan yang diperlukan untuk kegiatan budi daya, yang terdiri dari kolam terpal bundar dengan diameter 3 meter, tong untuk filter, instalasi pipa, pompa air, aerator, benih ikan nila ukuran gelondongan, pakan ikan dengan kandungan protein minimal 28%, serta berbagai peralatan pendukung lainnya seperti timbangan digital untuk mengukur berat ikan dan ember plastik untuk keperluan pemeliharaan.

Pemeliharaan ikan dilakukan selama sekitar tiga bulan, dengan pemberian pakan ikan menggunakan metode *ad libitum* dua kali sehari pada pagi dan sore hari. Untuk menjaga kualitas air dalam sistem RAS, dilakukan *backwash* pada filter mekanis satu kali seminggu dan penambahan air secara berkala untuk menggantikan air yang hilang akibat penguapan. Tahap pemeliharaan ini bertujuan untuk memastikan ikan tumbuh dalam kondisi yang optimal, dengan memantau parameter kualitas air yang penting bagi kesehatan ikan.

Setelah masa pemeliharaan selesai, ikan dipanen untuk mengetahui hasil produksi dan penerimaan dari usaha budi daya ini. Ikan yang dipanen berukuran gelondongan, dengan panjang ikan sekitar 8 hingga 12 cm, yang merupakan ukuran ideal untuk pendederasan. Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah pengolahan dan analisis data. Data yang diperoleh berupa biaya investasi, biaya operasional, data teknis budi daya, hasil panen, dan harga jual ikan dicatat dan dianalisis.

- Analisis pendapatan usaha atau keuntungan bertujuan untuk mengetahui komponen input dan output yang terlibat di dalamnya dan besar keuntungan bersih yang diperoleh dari usaha yang dilakukannya, dengan rumus:

$$\pi = TR - TC$$

Keterangan:

π = Keuntungan bersih
TR = Total Revenue (Penerimaan Total)
TC = Total Cost (Biaya Total)

Dengan kriteria:

TR > TC, usaha menguntungkan

TR < TC, usaha rugi

TR = TC, usaha pada titik impas

- Analisis Imbangan Penerimaan dan Biaya (*Revenue-Cost Ratio*), analisis ini bertujuan untuk mengetahui hasil yang diperoleh dari usaha budi daya nila dengan teknologi RAS pada kolam terpal bundar, rumus yang digunakan (Hernanto 1989) yaitu:

$$\frac{R}{C} ratio = \frac{\text{Penerimaan}}{\text{Biaya}}$$

Dengan kriteria:

$R/C > 1$, usaha menguntungkan

$R/C < 1$, usaha rugi

$R/C = 1$, usaha pada titik impas

- Break Even Point (BEP)* adalah keadaan suatu usaha yang tidak memperoleh laba dan tidak menderita rugi. Dengan kata lain suatu usaha dikatakan impas jika jumlah pendapatan (revenue) sama dengan jumlah biaya atau apabila laba kontribusi hanya dapat digunakan untuk menutup biaya tetap saja. Berikut rumus untuk menghitung BEP (Putri & Putera, 2020):

$$BEP_s = \frac{FC}{1 - \frac{VC}{TR}}$$

Keterangan:

FC = Fixed Cost (Rp.)

VC = Variable Cost (Rp.)

TR = Total Revenue (Rp.)

- Net Present Value (NPV)* adalah alat ekonomi yang digunakan untuk membandingkan investasi. *NPV* digunakan untuk menilai fleksibilitas suatu usaha dengan melihat perbedaan antara pendapatan dan biaya selama masa tertentu (Forero-Quintero *et al.*, 2022). Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung *NPV* (Primayastanto, 2015):

$$NPV = -A_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}$$

Keterangan:

A0 = Pengeluaran Investasi Tahun 0 (Rp)

At = Arus Kas Masuk Bersih Tahun t (Rp)

i = Suku Bunga (%)

n = Umur ekonomi proyek (tahun)

Dengan kriteria:

$NPV > 0$, Bisnis layak untuk dilanjutkan

$NPV < 0$, Bisnis tidak layak untuk dilanjutkan

$NPV = 0$, Bisnis mengalami BEP, yaitu keuntungan yang diperoleh hanya cukup untuk menutupi biaya produksi.

- Internal Rate of Return (IRR)* adalah tingkat suku bunga yang menunjukkan bahwa *NPV* sama dengan total biaya investasi proyek. Indikator ini digunakan untuk menilai tingkat efisiensi dari suatu investasi. Jika tingkat bunga *IRR* lebih tinggi dari laba yang ditargetkan, maka suatu perusahaan dianggap menguntungkan (Umar, 2007). *IRR* dihitung sebagai berikut:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1)$$

Keterangan:

NPV1 = NPV dengan nilai positif (Rp)

NPV2 = NPV dengan nilai negatif (Rp)

i1 = Suku bunga ketika NPV positif (%)

i2 = Suku bunga ketika NPV negatif (%)

Dengan kriteria:

$IRR >$ tingkat suku bunga, bisnis tersebut layak dijalankan

$IRR <$ tingkat suku bunga, bisnis tersebut tidak layak dijalankan

- Payback Period* mengacu pada lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi awal berdasarkan estimasi arus kas tahunan (Kasim & Kasnir, 2024). Ketika PP suatu perusahaan lebih pendek dari PP yang telah ditentukan, maka perusahaan tersebut dianggap menguntungkan (Intyias *et al.*, 2019). PP dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$PP = \frac{A_0}{\Pi}$$

Keterangan:

A0 = Pengeluaran Investasi Tahun 0 (Rp.)

Π = Laba bersih (Rp.)

Studi kelayakan usaha adalah kegiatan untuk menilai sejauh mana manfaat yang dapat diperoleh dalam melaksanakan suatu kegiatan usaha. Hasil analisis ini digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mengambil keputusan, apakah menerima

atau menolak dari suatu gagasan usaha. Pengertian layak dalam penelitian ini adalah kemungkinan dari gagasan suatu usaha yang akan dilaksanakan dapat memberi manfaat dalam arti finansial maupun sosial benefit. Kegiatan budi daya ikan adalah salah satu contoh kegiatan usaha yang bisa dievaluasi melalui studi kelayakan. Dalam hal ini, studi kelayakan dapat membantu dalam menilai potensi keuntungan finansial yang dapat dihasilkan dari usaha budi daya ikan, serta dampak sosial yang bisa diberikan kepada masyarakat sekitar. Dengan demikian, studi kelayakan sangat penting untuk memastikan bahwa usaha budi daya ikan yang direncanakan dapat memberikan manfaat yang optimal bagi semua pihak yang terlibat (Hidayati *et al.*, 2020).

Teknologi RAS pada budi daya nila adalah *Recirculated Aquaculture System (RAS)* yang dapat menghemat penggunaan air, hemat lahan, dan memiliki daya tampung kolam lebih besar dibanding kolam konvensional dengan ukuran yang sama. Namun, teknologi ini membutuhkan biaya lebih besar untuk investasi dan operasional kolam (Saade *et al.*, 2024). Komponen biaya pada usaha budi daya ikan terdiri dari biaya investasi, biaya tetap, dan biaya variabel. Biaya investasi meliputi lahan, konstruksi kolam, penyediaan induk, dan perlengkapan lainnya. Biaya tetap tidak dipengaruhi oleh perubahan volume produksi, sedangkan biaya variabel akan berubah seiring dengan perubahan produksi. Komponen biaya variabel meliputi biaya bibit ikan, pupuk, pakan, dan tenaga kerja (Mayasari, 2024).

INVESTASI USAHA

Menurut Suratiyah (2015), tanah serta alam sekitarnya dan tenaga kerja adalah faktor produksi asli, sedangkan modal dan peralatan merupakan substitusi faktor produksi tanah dan tenaga kerja.

Tabel 1. Biaya Investasi Pendederan Nila.

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Biaya (Rp.)
1	Kolam bundar diameter 3	2 unit	1.900.000	3.800.000
2	Tong 200 liter	6 unit	260.000	1.560.000
3	Material Filter	2 paket	1.260.000	2.520.000
4	Stop Kran 1 inch	6 buah	26.000	156.000
5	Uniseal	2 paket	200.000	400.000
6	Pompa Air	2 unit	270.000	540.000
7	Aerator	1 unit	500.000	500.000
8	Skimer dan Bottom Drain	2 paket	120.000	240.000
9	Pipa 2 inch	6 batang	60.000	360.000
10	Pipa 1 inch	3 batang	44.000	132.000
11	Knee dan Tee pipa	2 paket	100.000	200.000
12	Instalasi Kabel	1 paket	200.000	200.000
13	Instalasi aerator	1 paket	200.000	200.000

Sumber: Analisis Data Primer (2024).

Dengan modal dan peralatan, faktor produksi tanah dan tenaga kerja dapat memberikan manfaat yang jauh lebih baik bagi manusia, sehingga penggunaan tanah dan tenaga kerja dapat dihemat. Modal dibagi menjadi dua, yaitu *land saving capital* dan *labour saving capital*. Modal dikatakan *land saving capital* jika dengan modal tersebut dapat menghemat penggunaan lahan, tetapi produksi dapat dilipatgandakan tanpa harus memperluas areal, Contohnya adalah pemakaian pupuk, bibit unggul, dan intensifikasi. Modal dikatakan *labour saving capital* jika dengan modal tersebut dapat menghemat penggunaan tenaga kerja. Contohnya adalah pemakaian traktor untuk membajak.

Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan di awal dalam menjalankan suatu usaha. Biaya produksi merupakan keseluruhan biaya-biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proses produksi dengan tujuan untuk menghasilkan suatu produk atau suatu barang. Struktur biaya produksi terdiri atas biaya variabel dan biaya tetap. Biaya variabel adalah biaya yang dikeluarkan menyesuaikan dengan volume produksi sedangkan biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan untuk dapat memproduksi barang dan jasa (Dirja, 2019).

Biaya modal budi daya ikan meliputi biaya pembelian tanah atau sewa tanah, biaya sebelum operasi, biaya pembuatan kolam, dan biaya modal lainnya. Biaya sebelum operasi meliputi survei tanah, hidrologi, analisis kualitas air, dan biaya desain. Biaya pembuatan kolam meliputi biaya bahan baku kolam, biaya saluran pengambilan dan pembuangan air, biaya persiapan areal, dan biaya lainnya seperti konstruksi jalan, perlakuan air, dan listrik. Biaya modal lainnya adalah variasi dari biaya modal yang meliputi biaya perizinan, transportasi, modal kerja, biaya konsultasi, biaya tak terduga dan sebagainya (Zooneveld *et al.*, 1991). Biaya investasi yang dikeluarkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, biaya investasi yang dikeluarkan meliputi kolam bundar diameter 3 m berbahan terpal dan perlengkapan kolam sebesar Rp10.808.000,-.



Gambar1. Kolam Sistem RAS.
Sumber: Data Primer (2024)

BIAYA TETAP

Biaya tetap biaya yang jumlahnya tidak tergantung dengan jumlah produksi yang dihasilkan. Jumlah biaya tetap dalam usaha pendederasan nila dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, biaya tetap pendederasan nila terdiri dari penyusutan dari barang investasi. Penyusutan dihitung dengan membagi

masing-masing nilai investasi dengan umur ekonomisnya tanpa memperhitungkan nilai sisa sehingga didapat nilai penyusutan per tahun sebesar Rp2.125.500,- sedangkan nilai penyusutan per siklus (3 bulan) sebesar Rp531.375,-

BIAYA OPERASIONAL

Biaya variabel merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membeli faktor produksi seperti benih nila, pakan, vitamin, probiotik, biaya listrik, dan biaya perawatan besarnya mengikuti banyaknya produksi dan kondisi dilapangan. Rincian biaya variabel pendederasan nila dapat dilihat pada Tabel 3.

Biaya variabel terbesar dalam pendederasan nila adalah biaya untuk pembelian pakan benih sebanyak 30 kg sebesar Rp555.000,-. Benih yang digunakan dalam usaha adalah benih nila ukuran 1 cm sebanyak 5.000 ekor dengan nilai sebesar Rp350.000,-. Masa pemeliharaan mulai dari persiapan sampai panen memerlukan waktu selama tiga bulan, sehingga biaya variabel dalam satu siklus adalah sebesar Rp1.580.000,-.

Biaya total adalah jumlah seluruh biaya tetap dan variabel yang dikeluarkan untuk melakukan produksi. Nilai biaya total dalam usaha pendederasan nila di SLP Magetan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Biaya Tetap Pendederasan Nila.

No.	Uraian	Jumlah Biaya (Rp.)	Umur Ekonomis (tahun)	Penyusutan (Rp. Per Tahun)
1	Kolam bundar diameter 3	3.800.000	8	475.000
2	Tong 200 liter	1.560.000	8	195.000
3	Material Filter	2.520.000	4	630.000
4	Stop Kran 1 inch	156.000	4	39.000
5	Uniseal	400.000	8	50.000
6	Pompa Air	540.000	2	270.000
7	Aerator	500.000	2	250.000
8	Skimer dan Bottom Drain	240.000	8	30.000
9	Pipa 2 inch	360.000	8	45.000
10	Pipa 1 inch	132.000	8	16.500
11	Knee dan Tee pipa	200.000	8	25.000
12	Instalasi Kabel	200.000	4	50.000
13	Instalasi aerator	200.000	4	50.000
Total Biaya Tetap Per Tahun				2.125.500
Total Biaya Tetap Per Siklus				531.375

Sumber: Analisis Data Primer (2024).

Tabel 3. Biaya Variabel Pendedederan Nila.

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Biaya (Rp.)
1	Benih Nila Ukuran 1 cm	5.000 ekor	70	350.000
2	Pakan	30 kg	18.500	555.000
3	Vitamin dan Probiotik	1 paket	100.000	100.000
4	Listrik	3 bulan	75.000	225.000
5	Air	3 bulan	25.000	75.000
6	Tenaga Kerja	3 bulan	75.000	225.000
7	Perawatan Kolam	1 paket	50.000	50.000
Biaya Variabel per Siklus				1.580.000

Sumber: Analisis Data Primer (2024).

Tabel 4. Biaya Total Pendedederan Nila Per Siklus (3 Bulan) (3 Bulan).

Uraian	Jumlah (Rp)	%
Biaya Tetap		
1 Penyusutan	531.375	25,17
Sub Total	531.375	
Biaya Variabel per Tahun		
1 Benih Nila Ukuran 1 cm	350.000	16,58
2 Pakan	555.000	26,29
3 Vitamin dan Probiotik	100.000	4,74
4 Listrik	225.000	10,66
5 Air	75.000	3,55
6 Tenaga Kerja	225.000	10,66
7 Perawatan Kolam	50.000	2,37
Sub Total	1.580.000	
Biaya Total	2.111.375	100,00

Sumber: Analisis Data Primer (2024).

Berdasarkan data pada Tabel 4, besar biaya total dalam pendedederan nila di SLP Magetan dalam satu siklus adalah sebesar Rp.2.111.375. Komponen biaya terbesar adalah untuk pembelian pelet sebesar Rp. 555.000,- atau sebesar =26,92 % dari keseluruhan biaya yang dikeluarkan.

PENERIMAAN DAN ANALISIS USAHA

Panen pendedederan nila dilakukan ketika benih berukuran 8 cm – 12 cm atau saat usia pemeliharaan 2,5 bulan seperti pada gambar 2 dan rincian panen dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 2. Benih Nila Hasil Pendedederan.
 Sumber: Data Primer (2024)

Tabel 5. Penerimaan Pendedederan Nila per Siklus.

Uraian	Jumlah Panen (ekor)	Harga (Rp.)	Total (Rp.)
Nila Gelondongan	4.650	500	2.325.000
Ukuran 8 -12 cm			

Sumber: Analisis Data Primer (2024).

Panen dilakukan secara total sehingga kolam dapat segera digunakan kembali untuk siklus berikutnya. Jumlah panen benih nila ukuran gelondongan sebanyak 4.650 ekor dengan harga per ekor sebesar Rp500,- sehingga total penerimaan yang didapatkan sebesar Rp2.325.000,-.

Analisis usaha dalam bidang perikanan merupakan pemeriksaan keuangan untuk mengetahui sampai dimana keberhasilan yang telah dicapai selama usaha itu berlangsung. Komponen yang dianalisis adalah biaya produksi, penerimaan usaha, dan pendapatan yang diperoleh dari usaha pendedederan nila. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan analisis yang disajikan pada Tabel 6, keuntungan yang diperoleh dari pendedederan nila dengan jumlah tebar 5.000 ekor benih nila ukuran 1 cm dalam satu siklus adalah sebesar Rp213.625,-. Nilai *R/C Ratio* menunjukkan nilai 1,10 yang berarti setiap Rp1,- yang dikeluarkan akan menghasilkan penerimaan sebesar Rp1,10. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan usaha pendedederan nila dengan sistem *RAS* layak untuk dijalankan. Nilai BEP Penjualan sebesar Rp1.658.317,95, artinya usaha pendedederan nila ini akan mencapai titik impas setelah mencapai tingkat penjualan sebesar Rp1.658.317,95 per siklus.

Nilai *Net Present Value (NPV)* sebesar Rp17.178.294 pada tingkat suku bunga 13% mengindikasikan bahwa secara nilai kini, manfaat bersih yang dihasilkan proyek masih melebihi biaya investasinya, sehingga usaha ini berpotensi memberikan nilai tambah finansial. Temuan ini

Tabel 6. Analisis Keuntungan, *R/C Ratio*, dan *BEP* Penjualan Pendedederan Nila per Siklus.

Panen	Penerimaan (Rp.)	Total Biaya (Rp.)	Keuntungan (Rp.)	<i>R/C Ratio</i>	<i>BEP Penjualan</i>
	(TR)	(TC)	(TR-TC)	(TR/TC)	(FC/(1-VC/TR))
4.650 ekor	2.325.000	2.111.375	213.625	1,10	1.658.317,95

Sumber: Analisis Data Primer (2024).

diperkuat oleh nilai *Internal Rate of Return (IRR)* sebesar 27,58% yang secara signifikan melampaui tingkat suku bunga yang digunakan, menandakan bahwa tingkat pengembalian internal proyek relatif tinggi dan secara teoritis layak dari perspektif profitabilitas. Indikator *Payback Period* selama 12 tahun 7 bulan menimbulkan catatan kritis karena melampaui umur proyek yang hanya direncanakan selama 8 tahun, yang berarti bahwa pengembalian investasi tidak tercapai dalam operasional proyek. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun proyek RAS pendedederan nila mampu menciptakan nilai dan tingkat pengembalian yang menarik dalam jangka panjang, struktur arus kas awal yang relatif berat menyebabkan proses pemulihan modal berjalan lambat. Oleh karena itu, kelayakan usaha ini lebih tepat dipandang sebagai layak secara finansial dalam kerangka nilai dan tingkat pengembalian, tetapi kurang menarik dari sisi likuiditas dan risiko waktu pengembalian modal, sehingga memerlukan strategi efisiensi biaya awal atau perpanjangan umur proyek agar konsistensi antarindikator kelayakan dapat tercapai.

Hal yang perlu diperhatikan dalam usaha pendedederan nila dengan sistem *RAS* ini adalah biaya investasi untuk pembelian peralatan yang tinggi serta tingkat kerumitannya yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan budi daya sistem konvensional. Kegiatan pendedederan nila di SLP Magetan ini masih dalam skala kecil dan masih memungkinkan untuk ditambah jumlah kolam serta peningkatan padat tebar sampai dengan titik optimal agar tercapai keberlanjutan dari usaha pendedederan nila di SLP Magetan. Hal ini sesuai dengan pendapat bahwa, ikan nila yang berasal dari peternakan skala kecil memiliki tingkat keberlanjutan usaha yang rendah karena energi dan investasi finansial yang tinggi (Ratnasari dkk, 2021).

Secara teknis, pendedederan nila di kolam bundar dengan menggunakan sistem *RAS* masih perlu dilakukan kajian yang lebih mendalam agar diperoleh data – data yang mendukung keberlanjutan usaha pendedederan nila di kolam bundar dengan menggunakan sistem *RAS*. Data – data yang dibutuhkan antara lain data pertumbuhan, data kualitas air, data peningkatan produktivitas,

kepadatan optimal, data kualitas benih yang dihasilkan, data penghematan penggunaan air, serta data – data yang mendetail mengenai tantangan dan kendala yang dihadapi. Berdasarkan data tersebut, diharapkan diperoleh teknologi pendedederan nila pada kolam bundar dengan menggunakan sistem *RAS* yang layak secara teknis dan finansial, sehingga layak untuk diterapkan ke pelaku usaha budi daya nila pada umumnya serta pelaku budi daya nila tahap pendedederan nila secara khusus dan teknologi ini memberikan dampak positif terhadap produksi nila secara nasional.

OPTIMASI BUDI DAYA NILA TAHAP PENDEDDERAN MENGGUNAKAN SISTEM RAS

Penelitian ini menegaskan bahwa budi daya nila tahap pendedederan menggunakan sistem *Recirculating Aquaculture Systems (RAS)* di SLP Magetan tidak dapat dinilai hanya berdasarkan indikator kelayakan jangka pendek yang bersifat parsial, tetapi perlu dianalisis secara komprehensif dalam kerangka jangka panjang. Secara operasional, hasil analisis menunjukkan bahwa usaha pendedederan nila dengan sistem *RAS* mampu menghasilkan keuntungan bersih sebesar Rp213.625 per siklus, dengan nilai *Revenue-Cost (R/C)* ratio sebesar 1,10 yang mengindikasikan bahwa setiap Rp1 biaya produksi menghasilkan penerimaan sebesar Rp1,10, serta nilai *Break Even Point (BEP)* sebesar Rp1.658.317,95 per siklus. Temuan ini menunjukkan bahwa dari perspektif teknis dan finansial jangka pendek, sistem *RAS* telah beroperasi secara efisien dan memberikan keuntungan, sehingga layak dijalankan pada skala operasional yang dianalisis.

Hasil analisis menunjukkan bahwa usaha pendedederan nila dengan sistem *RAS* menghasilkan *Net Present Value (NPV)* sebesar Rp17.178.294 pada tingkat suku bunga yang digunakan, yang menandakan bahwa proyek mampu menciptakan nilai tambah bersih secara ekonomi. Nilai *Internal Rate of Return (IRR)* sebesar 27,58% yang jauh melampaui tingkat suku bunga acuan memperkuat argumen bahwa tingkat pengembalian internal proyek relatif tinggi dan kompetitif. Akan tetapi, nilai *Payback*

Period selama 12 tahun 7 bulan mengindikasikan bahwa pengembalian investasi membutuhkan waktu yang panjang, sehingga optimasi *RAS* tidak hanya harus difokuskan pada peningkatan produktivitas, tetapi juga pada perbaikan struktur biaya dan arus kas agar risiko likuiditas dapat ditekan.

Keunggulan sistem *RAS* memiliki dalam pengendalian lingkungan, efisiensi penggunaan air, dan pemantauan kualitas air, pada penerapannya masih menghadapi sejumlah kendala. Keterbatasan akses teknologi dan permodalan, rendahnya keterampilan teknis pembudi daya, efisiensi produksi yang belum optimal, serta panjangnya rantai nilai menjadi faktor yang menghambat daya saing usaha (Kurniati & Jumanto, 2017). Selain itu, permasalahan permodalan, keterbatasan sarana dan prasarana, lemahnya posisi tawar pembudi daya, kualitas produk yang belum seragam (Fathurrohman, 2016), serta lemahnya manajemen usaha yang tercermin dari ketidakmampuan pelaku usaha menghitung pendapatan bersih secara akurat (Masithoh *et al.*, 2017) menegaskan bahwa optimasi *RAS* harus dilakukan secara sistemik. Oleh karena itu, meskipun sistem *RAS* pada pendederasan nila di SLP Magetan menunjukkan potensi kelayakan teknis dan finansial, penerapannya secara luas dan berkelanjutan menuntut strategi optimasi yang mempertimbangkan skenario jangka panjang, penguatan kapasitas pembudidaya, serta dukungan kebijakan dan pembiayaan yang memadai agar manfaat ekonominya dapat direalisasikan secara bertanggung jawab.

IMPLIKASI KEBIJAKAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan sistem *RAS* pada budi daya ikan nila di SLP Magetan layak secara finansial, ditunjukkan oleh nilai *R/C ratio* sebesar 1,23, yang berarti setiap Rp 1 biaya menghasilkan Rp 1,23 penerimaan. Dari aspek teknis, sistem *RAS* juga layak diterapkan, karena mampu mempertahankan kualitas air, mendukung tingkat kelangsungan hidup yang baik, serta menghasilkan pertumbuhan ikan yang sesuai standar. Oleh karena itu, kebijakan yang disarankan adalah memberikan dukungan lebih dalam hal pembiayaan dan insentif untuk usaha akuakultur kecil yang mengadopsi sistem *RAS*, serta menyediakan pelatihan dan pendampingan teknis guna meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya awal yang dibutuhkan. Penelitian lebih lanjut dalam bidang pengelolaan kualitas air, pertumbuhan ikan, dan pengaturan kepadatan ikan juga harus didorong agar sistem ini dapat berkelanjutan dalam jangka panjang.

Beranjak dari temuan lapang yang menunjukkan bahwa pendederasan nila berbasis *RAS* di SLP Magetan layak secara teknis dan mampu menghasilkan nilai tambah finansial, tetapi masih dibatasi oleh kebutuhan investasi awal yang relatif tinggi dan periode pengembalian modal yang panjang, implikasi kebijakan perlu diarahkan pada instrumen yang bersifat operasional dan terukur. Hasil analisis ini menjadi dasar bahwa dalam jangka pendek hingga menengah (1–2 tahun), pemerintah daerah melalui dinas perikanan perlu memfasilitasi demplot pendederasan nila berbasis *RAS* sebagai skema pembelajaran terapan, bukan sekadar bantuan, dengan pelaksanaan kolaboratif antara pemerintah sebagai penyedia dukungan awal dan regulasi, akademisi sebagai penjamin standar teknis dan pendampingan, serta pembudi daya sebagai pelaku utama operasional. Target kebijakan ini adalah pembudi daya skala kecil–menengah yang telah aktif berproduksi dan berada di kawasan dengan potensi akuakultur tinggi, sehingga demplot berfungsi menguji kelayakan ekonomi riil, efisiensi biaya, dan stabilitas produksi dalam kondisi lapangan. Secara paralel, hasil demplot selama periode tersebut harus digunakan sebagai evidence base bagi perbankan untuk menyusun skema pembiayaan akuakultur modern dengan tenor yang selaras dengan karakter arus kas *RAS*, termasuk grace period pada fase awal operasional dan penilaian risiko berbasis data teknis produksi, sehingga adopsi teknologi tidak bergantung terus-menerus pada anggaran pemerintah. Dengan pendekatan bertahap dan berbasis bukti ini, kebijakan tidak hanya mendorong adopsi *RAS*, tetapi juga menurunkan risiko kegagalan investasi, mempercepat pembelajaran kolektif, dan memperkuat keberlanjutan budi daya nila berbasis *RAS* secara realistik dan akuntabel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan Terima Kasih kepada Dr. Yaser Krisnafi, S.St.Pi., M.T. selaku Direktur Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo berserta jajarannya dan juga Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo serta Ketua Program Studi Agribisnis Perikanan Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo atas dukungan yang sudah diberikan kepada Tim Peneliti untuk melaksanakan hibah riset di tahun 2024.

PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Kontribusi penulis terhadap manuskrip “Optimasi Budi daya Ikan Nila Menggunakan *Recirculating Aquaculture Systems* (RAS) Di

Kolam Terpal Bundar: Analisis Kelayakan Tahap Pendederan” adalah sebagai berikut: Dhady Pelita Mahargyo (kontributor utama), Buyung Purnomo Waluyo (kontributor anggota), Prayoto (kontributor anggota), R. Sugeng Rahardjo (kontributor anggota), Sri Wartini (kontributor anggota), Bambang Supriyadi (kontributor anggota), dan Rida Widyaastuti (kontributor anggota).

DAFTAR PUSTAKA

- Aquarista, F., Iskandar, I., dan Subhan, U, 2012. “Pemberian Probiotik dengan Carrier Zeolit pada Pembesaran Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*)”. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Unpad*, 3(4), 125259.
- Al Ghazali, A. F. K. F., Gunawan, D., & Sawiji, A. (2021). A review of hatchery techniques of Red Tilapia (*Oreochromis niloticus*) at UPT of Freshwater Aquaculture Fisheries (PBAT), Pasuruan. *Journal of Marine Resources and Coastal Management*, 2(1), 20–24.
- Amin, M., Agustono, A., Ali, M., Prayugo, P., & Hum, N. (2022). Apparent nutrient utilization and metabolic growth rate of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, cultured in recirculating aquaculture and biofloc systems. *Open Agriculture*, 7, 445–454. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0109>.
- Avnimelech, Y. 2009. Biofloc Technology, A Practical Guide Book. World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, Amerika Serikat, 181 hlm.
- Benjamin, E., Ola, O., & Buchenrieder, G. (2022). Feasibility Study of a Small-Scale Recirculating Aquaculture System for Sustainable (Peri-) Urban Farming in Sub-Saharan Africa: A Nigerian Perspective. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land11112063>.
- Budiana, B., & Rahardja, B.S. (2019). Teknik pemberian ikan gurame (*Oosphronemus gouramy*) di Balai Benih Ikan Ngoro, Jombang. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 7(3): 90.
- Clough, S., Mamo, J., Hoevenaars, K., Bardócz, T., Petersen, P., Rosendorf, P., Atiye, T., Gukelberger, E., Guya, E., & Hoinkis, J. (2020). Innovative Technologies to Promote Sustainable Recirculating Aquaculture in Eastern Africa—A Case Study of a Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Hatchery in Kisumu, Kenya. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 16. <https://doi.org/10.1002/ieam.4295>.
- De Oliveira Ramiro, B., Wasielesky, W., Pimentel, O. A. L. F., Sun, T., McAlhaney, E., Urick, S., Gonçalves, F., Van Senten, J., Schwarz, M., & Krummenauer, D. (2024). Assessment of Water Quality, Growth of *Penaeus vannamei*, and Partial Budget in Super-Intensive BFT and RAS: A Comparison Between Sustainable Aquaculture Systems. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su162411005>
- Dirja. (2019). Analisis Kelayakan Usaha Penangkapan Ikan dengan Payang di Desa Bandengan. *Jurnal Ekonomi Dan Perbankan Syari'ah*, 11(1), 109–120. <https://doi.org/10.24235/amwal.v11i1.4544>.
- Effendi, H., Wahyuningsih, S., & Wardiatno, Y. (2017). The use of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation wastewater for the production of romaine lettuce (*Lactuca sativa L. var. longifolia*) in water recirculation system. *Applied Water Science*, 7, 3055–3063. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0418-z>.
- Estim, A., Saufie, S., & Mustafa, S. (2018). Water quality remediation using aquaponics sub-systems as biological and mechanical filters in aquaculture. *Journal of Water Process Engineering*. <https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2018.02.001>.
- Fathurrohman, Y. E. (2016). Model Kerjasama Kelompok Pembudi daya Ikan(Pokdakan) Pada Pemasaran Agribisnis Ikan Gurami Di Kabupaten Banyumas. *Agriekonomika*, 5(2), 162–169. <https://doi.org/10.21107/AGRIEKONOMIKA.V5I2.1750>.
- Forero-Quintero, J. F., Villafáfila-Robles, R., Barja-Martinez, S., Munné-Collado, I., Olivella-Rosell, P., & Montesinos-Miracle, D. (2022). Profitability analysis on demand-side flexibility. A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 170, 112906. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112906>.
- Hidayati, B.N., Darsono, Umi Barokah. 2020. Analisis Usaha Budi Daya Ikan Nila Menggunakan Keramba Jaring Apung (KJA) Dan Pemasarannya Di Kabupaten Sragen. *Buletin Ilmiah Marina, Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*. ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/mra/article/view/8233.
- Intyas, C. A., Tjahjono, A., & Fattah, M. (2019). Financial feasibility analysis of small-scale fish smoking by fisherman in home industries. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 96(12), 175–181. <https://doi.org/10.18551/rjaas.2019-12.22>.
- Kasim, N., & Kasnir, M. (2024). Feasibility study of grouper fishing business based on sasi traditional law in the Ayau Islands, Raja Ampat Regency, East Indonesia. <https://www.ejabf.journals.ekb.cgi>.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2023. KKP apresiasi terbentuknya Asosiasi Tilapia Indonesia, 16 November 2023. Diakses dari <https://kkp.go.id/djpb/kkp-apresiasi-terbentuknya-asosiasi-tilapia-indonesia65c2fe8651ae0/detail.html>.
- Kurniati, S. A., & Jumanto, J. (2017). Strategi Pengembangan Usaha Ikan Nila Di Kabupaten Kuantan Singingi Propinsi Riau. *Jurnal Agribisnis*, 19(1), 13–25. <https://doi.org/10.31849/AGR.V19I1.890>.
- Li, C., Ge, Z., Dai, L., & Chen, Y. (2025). Integrated

- Application of Biofloc Technology in Aquaculture: A Review. Water (Switzerland), 17(14). <https://doi.org/10.3390/w17142107>.
- Masithoh, S., Nahraeni, W., & Afifah, S. (2017). Keragaan Usaha Budi daya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dalam Pemanfaatan Lahan Pekarangan Di Desa JantiKecamatan Polanharjo Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Agribisains*, 2(2), 22–28. <https://doi.org/10.30997/jagi.v2i2.776>.
- Pantjara, B., Novriadi, R., Hendrajat, E., Herlinah, H., Reynalta, R., Prihadi, T., Kristanto, A., Syah, R., Subagja, J., Widayastuti, Y., Saputra, A., Radona, D., & Tauhid, I. (2024). Juvenile production technology for tiger shrimp, *Penaeus monodon*, through different stocking density using a recirculation system. *Journal of the World Aquaculture Society*. <https://doi.org/10.1111/jwas.13055>.
- Primayastanto, M. (2015). Ekonomi perikanan. Kajian pemberdayaan masyarakat pesisir berbasis teknologi tepat guna. Intelegasi Media. Malang.
- Purnomo, P.D. 2012. Pengaruh Penambahan Karbohidrat pada Media Pemeliharaan Melalui Teknologi Bioflok Terhadap Produksi Budi daya Intensif Nila (*Oreochromis niloticus*). Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Putri, N. T., & Putera, A. N. (2020). Studi kelayakan bisnis praktis. Konsep dan aplikasi. Andalas University Press. Padang.
- Ratnasari, A., Putra, R.E. and Lastini, T. (2021) “Kelayakan Usaha Budi daya Ikan Nila Di Desa Cibunar Kabupaten Sumedang: Sebuah Analisis Keberlanjutan,” *JSEP (Journal of Social and Agricultural Economics)*, 14(3), p. 281. Available at: <https://doi.org/10.19184/jsep.v14i3.26577>.
- Saade, E., Irma Andriani, dan Andi Aliah Hidayani. 2024. Pelatihan Dan Pendampingan Budi daya Ikan Nila Di Kolam Terpal Resirkulasi Dan Teknologi Pembuatan Pakannya Di Pondok Pesantren Modern Islam Shohwatul Is'ad Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan. *Jurnal Dinamika Pengabdian* 9 No. 2, 2024, journal.unhas.ac.id/index.php/jdp/article/view/32174.
- Sagala, J. K. A. J., Sulastri, A., dan Desmaiani, H. 2025. Pengolahan Limbah Cair Budi daya Ikan Lele Menggunakan Metode Anaerob Dengan Media Bambu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Laban Basah*. 13(2): 180–190.
- Sanchez, F., Vivian-Rogers, V., & Urakawa, H. (2019). Tilapia recirculating aquaculture systems as a source of plant growth promoting bacteria. *Aquaculture Research*. <https://doi.org/10.1111/ARE.14072>.
- Sumarni, S. (2018). Penerapan Fungsi Manajemen Perencanaan Pemberian Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Untuk Menghasilkan Benih Ikan yang Berkualitas. *Jurnal Galung Tropika*, 7(3), 175–183.
- Suratiyah, K. 2015. Ilmu Usaha Tani (edisi revisi). Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sri-Uam, P., Donnuea, S., Powtongsook, S., & Pavasant, P. (2016). Integrated Multi-Trophic Recirculating Aquaculture System for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Sustainability*, 8, 592. <https://doi.org/10.3390/SU8070592>.
- Umar, H. (2007). Studi kelayakan bisnis. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Yu, Y.-B., Choi, J.-H., Lee, J.-H., Jo, A.-H., Lee, K., & Kim, J.-H. (2023). Biofloc Technology in Fish Aquaculture: A Review. *Antioxidants*, 12. <https://doi.org/10.3390/antiox12020398>.

