



Improving water quality in Nile tilapia culture using a multi-stage filtration system

Wahyu Surakusumah¹, Diah Kusumawaty², Restu Utari Dewina³, Aisyah Belva⁴, Fadya Oktavia⁵, Kirey Qanita⁶,
Naneu Nurfarida⁷, Siti Nabila⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

wahyu_bioupi@upi.edu¹, diah.kusumawaty@upi.edu², utaridewina@upi.edu³, aisyabelva@upi.edu⁴, fadyaor1510@upi.edu⁵,
kireyqanita@upi.edu⁶, naneunurfarida@upi.edu⁷, sitinabilanursania@gmail.com⁸

ABSTRACT

Algal bloom in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture systems based on Recirculating Aquaculture Systems (RAS) can degrade water quality and increase the risk of fish stress. This community service program aimed to implement a multi-stage filtration system as an eco-friendly and energy-efficient solution to control microalgae growth and improve water quality in Nile tilapia culture ponds. The program was conducted through a Biology Study Program consultancy project involving lecturers, students, and the Padasuka Nila Cimahi aquaculture partner. The filtration system combined mechanical and biological filtration using fishing nets, gravel, kaldness K1, filter brushes, coral stones, and zeolite. Water quality parameters, including pH, *Electrical Conductivity* (EC), *Total Dissolved Solids* (TDS), and total ammonia, were evaluated before and after system implementation. The results showed that the filtration system reduced pH from 9.18 to 7.60, EC from 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$ to 212 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS from 147 ppm to 115 ppm, and total ammonia from 0.5 mg/L to 0.18 mg/L. In addition, pond water became visually clearer, and microalgae growth decreased significantly. The multi-stage filtration system proved to be an effective, low-cost, and sustainable approach for improving water quality in small- to medium-scale Nile tilapia aquaculture systems.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 27 Jan 2026

Revised: 4 May 2026

Accepted: 25 May 2026

Publish online: 25 Jun 2026

Keywords:

biofiltration; microalgae; multi-stage filtration; nile tilapia culture; water quality

Open access
Jurnal Abmas
is a peer-reviewed open-access journal

ABSTRAK

Ledakan mikroalga (algal bloom) pada budidaya ikan nila berbasis *Recirculating Aquaculture System* (RAS) dapat menurunkan kualitas air dan meningkatkan risiko stres pada ikan. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk menerapkan sistem filter bertingkat sebagai solusi hemat energi dan ramah lingkungan guna mengendalikan pertumbuhan mikroalga serta memperbaiki kualitas air kolam budidaya ikan nila. Kegiatan dilaksanakan melalui program proyek konsultasi Program Studi Biologi secara kolaboratif antara dosen, mahasiswa, dan mitra budidaya ikan nila Padasuka Nila Cimahi. Sistem filtrasi dirancang menggunakan kombinasi filtrasi mekanis dan biologis dengan media jaring nelayan, kerikil, kaldness K1, filter brush, karang jahe, dan zeolit. Evaluasi dilakukan terhadap parameter kualitas air sebelum dan sesudah penerapan sistem, meliputi pH, *Electrical Conductivity* (EC), *Total Dissolved Solids* (TDS), dan amonia total. Hasil menunjukkan bahwa sistem filtrasi mampu menurunkan pH dari 9,18 menjadi 7,60, EC dari 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menjadi 212 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS dari 147 ppm menjadi 115 ppm, serta amonia total dari 0,5 mg/L menjadi 0,18 mg/L. Selain itu, kondisi visual air kolam menjadi lebih jernih dan pertumbuhan mikroalga berkurang. Sistem filter bertingkat terbukti efektif, ekonomis, dan berpotensi diterapkan secara berkelanjutan pada budidaya ikan nila skala kecil hingga menengah.

Kata Kunci: biofiltrasi; budidaya ikan nila; filtrasi bertingkat; kualitas air; mikroalga

How to cite (APA Style)

Surakusumah, W., Kusumawaty, D., Dewina, R. U., Belva, A., Oktavia, F., Qanita, K., Nurfarida, N., & Nabila, S. (2026). Improving water quality in Nile tilapia culture using a multi-stage filtration system. *Jurnal Abmas*, 26(1), 237-252.

Peer review

This article has been peer-reviewed through the journal's standard double-blind peer review, where both the reviewers and authors are anonymised during review.



Copyright

2026, Wahyu Surakusumah, Diah Kusumawaty, Restu Utari Dewina, Aisyah Belva, Fadya Oktavia, Kirey Qanita, Naneu Nurfarida, Siti Nabila. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author, and source are credited. *Corresponding author: wahyu_bioupi@upi.edu

INTRODUCTION

Budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus* merupakan salah satu sektor perikanan air tawar yang memiliki prospek ekonomi tinggi di Indonesia karena tingginya permintaan pasar dan potensinya dalam mendukung ketahanan pangan nasional (Arumugam *et al.*, 2023; El-Sayed, 2023; Gustiano *et al.*, 2023). Namun, keberhasilan budidaya ikan nila sangat dipengaruhi oleh kualitas air kolam (Alrashada *et al.*, 2023). Penurunan kualitas air dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan ikan, meningkatnya risiko penyakit, hingga tingginya angka mortalitas (Ruiz *et al.*, 2020; Suriasni *et al.*, 2023). Salah satu penyebab utama penurunan kualitas air pada kolam budidaya adalah pertumbuhan mikroalga yang tidak terkendali. Mikroalga merupakan organisme fotosintetik yang mampu tumbuh cepat pada perairan dengan kandungan nutrisi tinggi, terutama pada sistem budidaya intensif yang kaya akan bahan organik dan senyawa nitrogen (Hu *et al.*, 2023). Dalam jumlah yang terkendali, mikroalga berperan dalam menghasilkan (*Dissolved Oxygen*/DO (oksigen terlarut) dan menyerap nutrisi. Namun, pertumbuhan mikroalga yang berlebihan dapat menyebabkan *algal bloom* yang berdampak negatif terhadap ekosistem kolam, seperti penurunan oksigen terlarut, peningkatan pH, penurunan penetrasi cahaya, hingga terbentuknya senyawa toksik yang membahayakan ikan (Gilbert, 2020).

Kondisi tersebut ditemukan pada kolam budidaya ikan nila milik mitra Padasuka Nila Cimahi, di mana terjadi peningkatan populasi mikroalga seperti *Euglena gracilis*, *Scenedesmus antillarum*, dan *Chlorella vulgaris* yang menyebabkan air kolam menjadi keruh dan kurang optimal bagi pertumbuhan ikan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengendalian kualitas air pada budidaya ikan nila berbasis *Recirculating Aquaculture System* (RAS) dapat dilakukan melalui sistem filtrasi biologis dan mekanis. Sistem RAS diketahui mampu menjaga stabilitas kualitas air dan menurunkan kadar amonia dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional (Gupta *et al.*, 2024). Sistem RAS menghasilkan kadar amonia yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem aerasi biasa, sehingga mendukung pertumbuhan ikan nila yang lebih optimal (Amin *et al.*, 2020). Selain itu, media biologis seperti zeolit dan kalsium efektif mendukung proses nitrifikasi sehingga mampu menurunkan kadar senyawa nitrogen yang menjadi sumber nutrisi bagi mikroalga (Ruiz *et al.*, 2020; Suriasni *et al.*, 2023). Pengendalian mikroalga pada budidaya ikan umumnya dilakukan menggunakan lampu ultraviolet (UV).

Akan tetapi, penggunaan teknologi tersebut membutuhkan biaya operasional dan konsumsi energi listrik yang cukup tinggi sehingga kurang efisien untuk pembudidaya skala kecil (Hashmi *et al.*, 2025). Oleh karena itu, diperlukan alternatif teknologi yang lebih ekonomis, hemat energi, dan ramah lingkungan untuk menjaga kualitas air kolam budidaya. Salah satu permasalahan yang dihadapi mitra dalam budidaya ikan nila berbasis RAS adalah terjadinya ledakan populasi mikroalga (*algal bloom*) yang dipicu oleh akumulasi nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, yang berasal dari sisa pakan dan ekskresi metabolik ikan. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan kualitas air melalui fluktuasi pH, penurunan konsentrasi oksigen terlarut, peningkatan kekeruhan, serta akumulasi senyawa nitrogen anorganik yang dapat menyebabkan stres fisiologis dan menurunkan tingkat kelangsungan hidup ikan (Siddik *et al.*, 2024; Yu *et al.*, 2026). Meskipun teknologi sterilisasi ultraviolet (UV) telah banyak digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan mikroalga, penerapannya masih terkendala oleh tingginya konsumsi energi dan biaya operasional. Dengan demikian, diperlukan alternatif teknologi pengolahan air yang lebih efisien, ekonomis, dan berkelanjutan untuk mendukung produktivitas budidaya ikan nila berbasis RAS.

Upaya penyelesaian permasalahan tersebut dilakukan melalui program pengabdian kepada masyarakat yang dikembangkan oleh Program Studi Biologi dalam bentuk proyek konsultasi berbasis kolaborasi antara perguruan tinggi dan mitra budidaya. Program ini dirancang untuk memberikan solusi ilmiah dan aplikatif melalui pemanfaatan keilmuan biologi dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi masyarakat. Dalam pelaksanaannya, mahasiswa berperan aktif di bawah bimbingan dosen dalam proses identifikasi masalah, perancangan solusi, implementasi teknologi sederhana, serta evaluasi hasil penerapan di lapangan. Pendekatan kolaboratif ini diharapkan dapat menghasilkan solusi yang efektif dan berkelanjutan sekaligus meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam

menerapkan ilmu biologi untuk menjawab kebutuhan nyata masyarakat. Kebaruan ilmiah dari kegiatan ini terletak pada penerapan sistem filter bertingkat yang mengintegrasikan filtrasi mekanis dan biologis menggunakan kombinasi media sederhana dan mudah diperoleh, yaitu jaring nelayan, kerikil, *Kaldnes K1*, karang jahe, *filter brush*, dan zeolit, sebagai alternatif pengendalian mikroalga pada budidaya ikan nila berbasis RAS. Kombinasi media filtrasi tersebut tidak hanya berfungsi menyaring partikel padat tersuspensi, tetapi juga meningkatkan proses nitrifikasi serta adsorpsi senyawa terlarut. Media seperti zeolit mampu mengadsorpsi ion amonium (NH_4^+) sekaligus menyediakan permukaan bagi pertumbuhan biofilm nitrifikasi, sedangkan karbon aktif efektif dalam menghilangkan senyawa organik dan zat terlarut melalui mekanisme adsorpsi.

Oleh karena itu, penggunaan kombinasi media tersebut berpotensi menurunkan konsentrasi amonia, *Total Dissolved Solids* (TDS), serta nutrisi yang memicu pertumbuhan mikroalga (Ban *et al.*, 2025; Bhatnagar & Sillanpää, 2017; Taher *et al.*, 2024). Dibandingkan dengan penggunaan lampu UV, pendekatan ini menawarkan solusi yang lebih hemat energi, ekonomis, dan berkelanjutan, sekaligus berpotensi meningkatkan kualitas air serta stabilitas lingkungan budidaya (Mnyoro *et al.*, 2022). Integrasi teknologi filtrasi bertingkat dengan model proyek konsultasi berbasis kolaborasi antara perguruan tinggi, mahasiswa, dan mitra budidaya juga menjadi nilai tambah yang mendukung penerapan teknologi tepat guna secara partisipatif dan berkelanjutan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan sistem filter bertingkat terhadap pengendalian pertumbuhan mikroalga dan peningkatan kualitas air pada budidaya ikan nila berbasis RAS di Peternakan Ikan Nila Padasuka, Kota Cimahi, Jawa Barat. Evaluasi dilakukan melalui pengukuran parameter kualitas air yang meliputi pH, oksigen terlarut, amonia, nitrit, nitrat, dan kekeruhan air.

Literature Review

RAS dalam Budidaya Ikan Nila

RAS merupakan teknologi budidaya perikanan modern yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air melalui proses sirkulasi dan pengolahan air secara berulang. Dalam satu dekade terakhir, sistem RAS menjadi salah satu pendekatan yang banyak diterapkan dalam budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus* karena mampu mendukung produksi intensif dengan penggunaan lahan dan air yang lebih efisien dibandingkan dengan sistem konvensional. RAS mampu mempertahankan kualitas air secara stabil melalui integrasi unit filtrasi mekanis, biofilter, aerasi, dan pengelolaan limbah organik, sehingga meningkatkan produktivitas budidaya tanpa meningkatkan konsumsi energi secara signifikan (Gupta *et al.*, 2024). Sistem ini mampu mengurangi pembuangan limbah ke lingkungan sehingga lebih mendukung konsep akuakultur berkelanjutan. Penerapan RAS pada budidaya ikan nila memiliki berbagai keuntungan, terutama dalam pengendalian parameter kualitas air seperti suhu, oksigen terlarut, pH, dan konsentrasi amonia. Sistem RAS menghasilkan kadar amonia yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan sistem aerasi biasa, yaitu sekitar 0,08 mg/L dibanding 1,6 mg/L (Amin *et al.*, 2020).

Kondisi tersebut memberikan lingkungan budidaya yang lebih stabil sehingga mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila secara optimal. Selain itu, pengelolaan kualitas air yang baik dalam sistem RAS dapat meningkatkan efisiensi pakan serta menekan tingkat stres ikan akibat perubahan lingkungan yang ekstrem. Meskipun demikian, penggunaan sistem RAS memiliki tantangan tersendiri. Akumulasi sisa pakan, feses ikan, dan metabolit nitrogen dalam sistem tertutup dapat meningkatkan kandungan nutrisi terlarut apabila tidak diimbangi dengan sistem filtrasi yang optimal. Salah satu permasalahan utama dalam RAS adalah tingginya konsentrasi nitrogen dan fosfor yang dapat memicu eutrofikasi serta pertumbuhan mikroalga berlebihan (Gupta *et al.*, 2024). Oleh karena itu, pengembangan sistem filtrasi biologis yang efisien menjadi komponen penting untuk menjaga stabilitas ekosistem budidaya berbasis RAS. Perkembangan teknologi RAS saat ini mulai diarahkan pada integrasi sistem biologis dan teknologi yang ramah lingkungan. Kombinasi biofilter biologis, sensor kualitas air, dan teknologi monitoring digital mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan kualitas air sekaligus mendukung konsep *zero-waste aquaculture* (Hashmi *et al.*, 2025). Pendekatan ini menunjukkan bahwa keberhasilan budidaya ikan nila berbasis RAS tidak hanya

ditentukan oleh teknologi sirkulasi air, tetapi juga oleh efektivitas sistem pengelolaan limbah dan nutrisi di dalam kolam budidaya.

Pertumbuhan Mikroalga dan Dampaknya terhadap Kualitas Air Budidaya

Mikroalga merupakan organisme fotosintetik mikroskopis yang hidup di lingkungan akuatik dan memiliki kemampuan menyerap nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor, dari air. Dalam kondisi normal, keberadaan mikroalga dapat memberikan manfaat bagi ekosistem budidaya karena mampu menghasilkan oksigen terlarut melalui proses fotosintesis serta membantu menurunkan kandungan nutrisi berlebih dalam air. Mikroalga memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan biologis perairan serta berpotensi dimanfaatkan dalam proses bioremediasi lingkungan pada sistem akuakultur (Dolganyuk *et al.*, 2020). Namun, pertumbuhan mikroalga yang tidak terkendali dapat menyebabkan fenomena *algal bloom* yang berdampak negatif pada kualitas air budidaya. Kondisi eutrofik yang dipicu oleh akumulasi bahan organik dan sisa pakan pada sistem budidaya intensif dapat meningkatkan konsentrasi nutrisi perairan sehingga memicu proliferasi mikroalga secara berlebihan (Glibert, 2020).

Kondisi tersebut menyebabkan perubahan warna air menjadi hijau pekat, meningkatnya kekeruhan, serta menurunnya penetrasi cahaya ke dalam kolam budidaya. *Algal bloom* dapat menyebabkan fluktuasi ekstrem pada kadar oksigen terlarut dan pH air. Pada siang hari, aktivitas fotosintesis mikroalga meningkatkan kadar oksigen dan pH air, sedangkan pada malam hari respirasi alga dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut secara drastis. Fluktuasi tersebut berpotensi menyebabkan stres fisiologis pada ikan serta meningkatkan risiko mortalitas. Selain itu, beberapa jenis mikroalga tertentu juga menghasilkan metabolit toksik yang dapat membahayakan organisme budidaya. Beberapa spesies mikroalga, seperti *Chlorella vulgaris*, menunjukkan pertumbuhan optimum pada kondisi perairan dengan pH basa (>9,0) karena pH tersebut mendukung aktivitas fotosintesis dan penyerapan nutrisi secara lebih efisien (Ji *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pengendalian pH dan nutrisi terlarut menjadi langkah penting untuk mencegah pertumbuhan mikroalga berlebih dalam sistem budidaya ikan.

Tingginya konsentrasi amonia dalam air budidaya dapat meningkatkan potensi *algal bloom* sekaligus bersifat toksik bagi ikan (Gilbert, 2020). Apabila konsentrasi amonia melebihi 0,3 mg/L, risiko pertumbuhan mikroalga dan gangguan kesehatan pada ikan meningkat secara signifikan. Selain dampak negatifnya, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa mikroalga memiliki potensi positif jika dikendalikan dengan tepat. Mikroalga memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap nutrisi seperti nitrogen dan fosfor dari limbah akuakultur, sehingga berpotensi diaplikasikan sebagai agen bioremediasi dalam sistem budidaya berkelanjutan (Srimongkol *et al.*, 2022). Akan tetapi, pengelolaan mikroalga memerlukan sistem pengendalian yang efektif agar keseimbangan ekosistem budidaya tetap terjaga dan tidak mengganggu kualitas air kolam.

Sistem Filtrasi Bertingkat sebagai Solusi Pengendalian Mikroalga

Sistem filtrasi bertingkat merupakan teknologi pengolahan air yang mengombinasikan beberapa tahapan filtrasi mekanis dan biologis untuk meningkatkan kualitas air budidaya. Dalam budidaya ikan berbasis RAS, sistem filtrasi memiliki peran penting dalam menghilangkan partikel organik, menurunkan kandungan amonia, serta menjaga kestabilan parameter kualitas air. Kombinasi media filtrasi biologis seperti zeolit, biofilter, dan media berpori lainnya efektif dalam menurunkan kadar amonia dan nitrit pada kolam budidaya ikan (Ruiz *et al.*, 2020). Filtrasi mekanis berfungsi menyaring partikel kasar, seperti sisa pakan dan feses ikan, sebelum terurai menjadi senyawa organik terlarut. Media seperti jaring nelayan, kerikil, dan *filter brush* mampu menangkap partikel padatan sehingga mengurangi akumulasi limbah dalam sistem budidaya. Sementara itu, filtrasi biologis menggunakan media seperti kalsium K1, zeolit, dan karang jahe berfungsi sebagai tempat kolonisasi bakteri nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat yang lebih aman bagi ikan.

Zeolit memiliki kemampuan pertukaran ion yang efektif dalam menyerap ion amonium (NH_4^+) dari air sehingga dapat menurunkan kandungan nitrogen terlarut yang menjadi sumber nutrisi utama bagi mikroalga (Ende *et al.*, 2024). Selain itu, media kaldness K1 memiliki luas permukaan yang tinggi sehingga mampu mendukung pertumbuhan bakteri nitrifikasi secara optimal. Proses nitrifikasi tersebut membantu menjaga kestabilan pH dan menurunkan konsentrasi amonia dalam sistem budidaya. Penelitian menunjukkan bahwa efektivitas biofilter dalam sistem RAS dipengaruhi oleh waktu retensi hidrolik dan laju aliran air (Hashmi *et al.*, 2025). Sistem filtrasi yang baik mampu mempercepat proses penguraian limbah organik dan mengurangi akumulasi nutrisi terlarut yang memicu pertumbuhan mikroalga. Selain itu, kombinasi sistem resirkulasi dan filtrasi biologis juga dapat membatasi paparan cahaya serta mengurangi waktu tinggal air di kolam, sehingga pertumbuhan mikroalga menjadi lebih terkendali.

Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan filtrasi biologis berbasis media alami semakin dikembangkan karena dinilai lebih ekonomis dan ramah lingkungan dibandingkan penggunaan teknologi berbasis energi listrik, seperti lampu ultraviolet (UV). Penggunaan lampu UV memang efektif dalam membunuh mikroorganisme dan mikroalga, tetapi membutuhkan biaya operasional yang tinggi serta konsumsi energi yang besar (Gonzales *et al.*, 2023). Oleh karena itu, sistem filtrasi bertingkat berbasis media sederhana menjadi alternatif yang lebih sesuai untuk diterapkan pada pembudidaya skala kecil hingga menengah. Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, sistem filtrasi bertingkat memiliki potensi besar sebagai solusi untuk pengendalian mikroalga dalam budidaya ikan nila berbasis RAS. Kombinasi filtrasi mekanis dan biologis tidak hanya mampu menekan pertumbuhan mikroalga melalui pengurangan nutrisi terlarut, tetapi juga membantu menjaga kestabilan kualitas air secara berkelanjutan dengan biaya operasional yang lebih rendah dan ramah lingkungan.

METHODS

Kegiatan pengabdian masyarakat ini menggunakan pendekatan *problem solving* melalui program proyek konsultasi berbasis keilmuan biologi untuk membantu mitra mengatasi permasalahan kualitas air pada budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus* berbasis RAS. Program ini dilaksanakan secara kolaboratif oleh dosen, mahasiswa Program Studi Biologi, dan mitra budidaya ikan nila. Pendekatan yang diterapkan berupa penerapan teknologi tepat guna menggunakan sistem filter bertingkat sebagai solusi untuk pengendalian mikroalga dan perbaikan kualitas air kolam budidaya. Metode pelaksanaan dirancang dalam bentuk alur kegiatan pengabdian yang dimulai dari identifikasi permasalahan mitra hingga evaluasi keberhasilan solusi yang diterapkan. Pendekatan ini dipilih karena lebih ekonomis, mudah diterapkan, dan ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan sistem pengendalian berbasis ultraviolet (UV) yang membutuhkan konsumsi energi tinggi serta biaya operasional lebih besar (Hashmi *et al.*, 2025).

Selain itu, sistem filtrasi biologis dan mekanis diketahui efektif dalam menurunkan kadar amonia dan nutrisi terlarut yang memicu pertumbuhan mikroalga (Detho *et al.*, 2025; Said *et al.*, 2025; Suriasni *et al.*, 2023). Pelaksanaan kegiatan dilakukan selama tiga bulan, yaitu pada Oktober–Desember 2025, di kolam budidaya ikan nila milik mitra Padasuka Nila Cimahi yang berlokasi di Komplek Nusa Cisangkan Permai, Kecamatan Cimahi Tengah, Kota Cimahi. Sasaran kegiatan adalah pembudidaya ikan nila skala kecil yang menghadapi permasalahan ledakan mikroalga (*algal bloom*) akibat akumulasi nutrisi pada sistem budidaya berbasis RAS. Untuk mengevaluasi efektivitas teknologi yang diterapkan, pengukuran parameter kualitas air dilakukan sebelum pemasangan sistem filter dan setelah sistem filter beroperasi. Parameter yang diamati meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, TDS, amonia, nitrat, fosfat, dan kekeruhan air. Data hasil pengukuran sebelum dan sesudah pemasangan filter kemudian dibandingkan untuk menilai kemampuan sistem filtrasi dalam meningkatkan kualitas air serta mengendalikan pertumbuhan mikroalga pada kolam budidaya ikan nila.

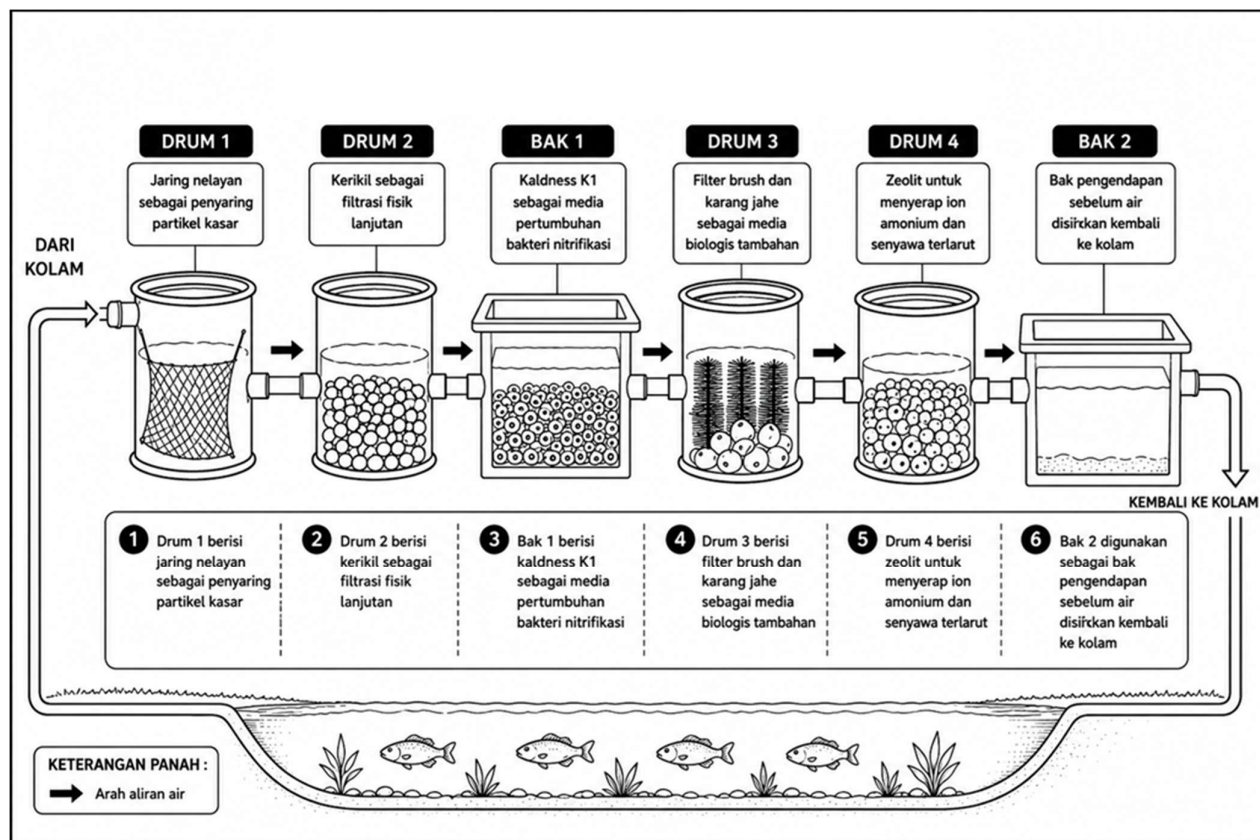
Alur Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

Identifikasi Permasalahan Mitra

Tahap awal dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan mitra untuk mengidentifikasi kondisi budidaya serta permasalahan utama yang dihadapi. Hasil identifikasi menunjukkan adanya pertumbuhan mikroalga berlebih yang menyebabkan air kolam berwarna hijau pekat, peningkatan pH, penurunan kualitas air, serta meningkatnya biaya operasional akibat penggunaan lampu UV. Pada tahap ini, mahasiswa bersama dosen melakukan analisis penyebab permasalahan berdasarkan parameter kualitas air dan kondisi sistem budidaya yang digunakan oleh mitra.

Analisis Kebutuhan dan Perancangan Solusi

Berdasarkan hasil identifikasi masalah, tim pengabdian bersama mitra menyusun solusi berupa sistem filtrasi bertingkat yang mengombinasikan filtrasi mekanis dan biologis, seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram sistem filtrasi bertingkat

Sumber: Dokumentasi Pengabdian, 2025

Perancangan sistem mempertimbangkan efektivitas penyaringan, kemudahan perawatan, ketersediaan bahan lokal, serta efisiensi biaya operasional agar teknologi dapat diterapkan secara berkelanjutan oleh mitra. Sistem dirancang menggunakan empat (4) drum dan dua (2) bak penampung yang dihubungkan dengan pipa PVC menggunakan aliran gravitasi. Media filtrasi yang digunakan meliputi jaring nelayan, kerikil, kaldness K1, filter brush, karang jahe, dan zeolit. Kombinasi media tersebut dipilih karena mampu menyaring partikel padat sekaligus mendukung proses

nitrifikasi biologis untuk menurunkan kadar amonia dan nutrisi terlarut penyebab pertumbuhan mikroalga (Ende *et al.*, 2024; Ruiz *et al.*, 2020; Suriasni *et al.*, 2023).

Pembuatan dan Implementasi Sistem Filtrasi

Tahap selanjutnya adalah pembuatan prototipe dan pemasangan sistem filtrasi bertingkat pada kolam budidaya mitra. Penyusunan media filtrasi dilakukan secara bertahap sesuai fungsi masing-masing media:

1. Drum 1 berisi jaring nelayan sebagai penyaring partikel kasar;
2. Drum 2 berisi kerikil sebagai filtrasi fisik lanjutan;
3. Bak 1 berisi kaldness K1 sebagai media pertumbuhan bakteri nitrifikasi;
4. Drum 3 berisi *filter brush* dan karang jahe sebagai media biologis tambahan;
5. Drum 4 berisi zeolit untuk menyerap ion amonium dan senyawa terlarut;
6. Bak 2 digunakan sebagai bak pengendapan sebelum air dialirkan kembali ke kolam.

Implementasi dilakukan secara partisipatif bersama mitra sehingga pembudidaya memahami cara kerja, perawatan, dan pengoperasian sistem filtrasi secara mandiri.

Monitoring dan Pengambilan Data

Setelah sistem filtrasi diterapkan, dilakukan monitoring kualitas air selama 25 hari untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mengendalikan mikroalga dan memperbaiki kualitas air. Pengambilan data dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* pada titik *inlet* dan *outlet* filtrasi yang mewakili kondisi sebelum dan sesudah perlakuan. Parameter kualitas air yang diamati meliputi pH, *Electrical Conductivity* (EC), TDS, dan kadar amonia total menggunakan pH meter, EC meter, TDS meter, serta kit uji amonia. Selain itu, dilakukan observasi visual terhadap perubahan warna air, tingkat kejernihan, pertumbuhan mikroalga, serta respons ikan nila *Oreochromis niloticus* terhadap kondisi lingkungan budidaya. Parameter tersebut mengacu pada indikator kualitas air budidaya intensif yang digunakan dalam penelitian akuakultur modern (Christwardana *et al.*, 2022; Gilbert, 2020; Ji *et al.*, 2021).

Evaluasi dan Pendampingan Mitra

Tahap akhir dilakukan melalui evaluasi hasil penerapan sistem filtrasi bertingkat berdasarkan indikator teknis, sosial, dan ekonomi. Evaluasi teknis dilakukan dengan membandingkan parameter kualitas air sebelum dan sesudah perlakuan, sedangkan evaluasi sosial dilakukan melalui diskusi dan pendampingan untuk mengetahui peningkatan pemahaman mitra terkait pengelolaan kualitas air dalam budidaya. Dari aspek ekonomi, evaluasi dilakukan terhadap pengurangan penggunaan lampu ultraviolet (UV) serta penurunan biaya operasional listrik. Pendampingan juga diberikan kepada mitra agar mampu melakukan pemeliharaan sistem filtrasi secara mandiri dan berkelanjutan setelah program pengabdian selesai dilaksanakan. Dengan alur pelaksanaan tersebut, kegiatan pengabdian diharapkan mampu memberikan solusi nyata dan berkelanjutan dalam mengatasi permasalahan ledakan mikroalga (*algal bloom*) pada budidaya ikan nila, sekaligus meningkatkan kapasitas masyarakat melalui penerapan ilmu biologi secara langsung di lapangan.

RESULTS AND DISCUSSION

Implementasi Sistem Filter Bertingkat pada Kolam Budidaya Ikan Nila

Kegiatan pengabdian diawali dengan pemasangan sistem filter bertingkat pada kolam budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus* milik mitra Padasuka Nila Cimahi. Sistem filtrasi disusun menggunakan kombinasi filtrasi mekanis dan biologis yang terdiri atas empat (4) drum dan dua (2) bak penampung yang saling terhubung

menggunakan pipa PVC dengan sistem aliran gravitasi. Media filtrasi yang digunakan meliputi jaring nelayan, kerikil, kaldness K1, *filter brush*, karang jahe, dan zeolit. Drum pertama digunakan untuk menyaring partikel kasar, seperti sisa pakan dan feses ikan, menggunakan jaring nelayan. Drum kedua berisi kerikil untuk menyaring partikel berukuran lebih kecil. Bak pertama berisi kaldness K1 sebagai media tumbuh bakteri nitrifikasi. Drum ketiga diisi dengan *filter brush* dan karang jahe untuk meningkatkan proses filtrasi biologis, sedangkan drum keempat berisi zeolit yang berfungsi menyerap ion amonium dan senyawa terlarut lainnya sebelum air dialirkan ke bak pengendapan dan kembali ke kolam budidaya.

Sistem ini dirancang untuk mengurangi akumulasi nutrisi terlarut yang menjadi sumber utama pertumbuhan mikroalga pada sistem budidaya berbasis RAS. Penerapan sistem filtrasi dilakukan secara partisipatif bersama mitra budidaya sehingga pembudidaya dapat memahami tahapan pemasangan, cara kerja sistem, serta prosedur pemeliharaan media filtrasi secara mandiri. Pendekatan partisipatif ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas mitra dalam mengelola kualitas air budidaya secara berkelanjutan dengan memanfaatkan teknologi sederhana yang ekonomis dan ramah lingkungan. Selain itu, penggunaan media filtrasi biologis seperti kaldness K1 dan zeolit diketahui mampu mendukung proses nitrifikasi serta menurunkan konsentrasi amonia, yang menjadi salah satu faktor utama pemicu *algal bloom*.

Perubahan Parameter Kualitas Air

Setelah sistem filtrasi diterapkan selama 25 hari, dilakukan pengukuran parameter kualitas air, meliputi pH, EC, TDS, dan amonia total, dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan Parameter Kualitas Air Sebelum dan Sesudah Penerapan Sistem Filtrasi Bertingkat

Parameter	Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
pH	9,18	7,60
EC (Electrical Conductivity)	284 $\mu\text{S/cm}$	212 $\mu\text{S/cm}$
TDS (Total Dissolved Solids)	147 ppm	115ppm
Amonia Total	0,5 mg/L	0,18 mg/L

Sumber: Data Hasil Pengukuran Kegiatan Pengabdian, 2025

Hasil pengukuran pada **Tabel 1** menunjukkan adanya penurunan pada seluruh parameter kualitas air setelah penerapan sistem filtrasi bertingkat. Nilai pH mengalami penurunan sebesar 17,2%, EC menurun sebesar 25,3%, TDS menurun sebesar 21,8%, dan amonia total mengalami penurunan sebesar 64%. Penurunan parameter tersebut menunjukkan bahwa sistem filtrasi mampu memperbaiki kualitas air kolam budidaya dan menurunkan kandungan nutrisi yang mendukung pertumbuhan mikroalga. Penurunan nilai pH menunjukkan bahwa kondisi perairan menjadi lebih stabil dan mendekati kisaran optimal untuk pertumbuhan ikan nila *Oreochromis niloticus*. Selain itu, penurunan nilai EC dan TDS mengindikasikan berkurangnya kandungan ion terlarut serta akumulasi bahan organik dalam air budidaya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kombinasi filtrasi mekanis dan biologis mampu bekerja secara efektif dalam mengurangi limbah organik dan senyawa terlarut pada sistem budidaya berbasis RAS.

Kadar amonia total yang menurun hingga 64% menunjukkan bahwa media biologis seperti kaldness K1, *filter brush*, dan zeolit mampu mendukung aktivitas bakteri nitrifikasi dalam mengubah amonia menjadi bentuk nitrogen yang lebih aman bagi ikan. Penurunan kadar amonia tersebut juga berkontribusi terhadap penghambatan pertumbuhan mikroalga karena berkurangnya nutrisi terlarut yang tersedia di kolam budidaya. Secara visual, air kolam terlihat lebih jernih dibandingkan sebelum perlakuan, disertai penurunan intensitas warna hijau akibat berkurangnya populasi mikroalga. Perbaikan kualitas air tersebut memberikan dampak positif terhadap kondisi ikan nila selama masa pemeliharaan. Ikan menunjukkan respons yang lebih aktif, peningkatan nafsu makan, serta tidak ditemukan tanda-

tanda stres akibat fluktuasi kualitas air. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan sistem filter bertingkat berbasis kombinasi filtrasi mekanis dan biologis memiliki potensi yang efektif sebagai solusi pengendalian mikroalga sekaligus peningkatan kualitas air pada budidaya ikan nila berbasis RAS dengan biaya operasional yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Perubahan Kondisi Visual Kolam dan Pertumbuhan Mikroalga

Selain perubahan parameter kualitas air, hasil pengamatan visual menunjukkan adanya perubahan kondisi kolam setelah penerapan sistem filtrasi bertingkat. Sebelum pemasangan sistem, air kolam tampak hijau pekat dengan lapisan mikroalga yang cukup tebal di permukaan air. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan kejernihan air dan mengganggu stabilitas lingkungan budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus*. Setelah 25 hari penerapan sistem filtrasi, warna air kolam berubah menjadi lebih jernih dengan intensitas warna hijau yang jauh lebih rendah. Lapisan mikroalga pada permukaan air juga mengalami penurunan yang signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem filtrasi bertingkat mampu menghambat pertumbuhan mikroalga melalui pengurangan kandungan nutrisi terlarut yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan dan reproduksi mikroalga. Selain perubahan warna dan kejernihan air, aktivitas ikan nila terlihat lebih aktif dibandingkan sebelum perlakuan. Ikan tidak lagi menunjukkan gejala stres, seperti sering muncul ke permukaan atau megap-megap, akibat rendahnya kadar oksigen terlarut. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kualitas air yang lebih stabil memberikan lingkungan budidaya yang lebih baik dan mendukung pertumbuhan ikan secara optimal.

Perbaikan kondisi lingkungan kolam juga menunjukkan bahwa kombinasi filtrasi mekanis dan biologis mampu menciptakan ekosistem budidaya yang lebih seimbang dan sehat bagi organisme budidaya. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi media filter seperti zeolit, karbon aktif, dan biofilter biologis efektif dalam memperbaiki kualitas air pada sistem akuakultur resirkulasi. Kombinasi zeolit, karbon aktif, dan media biologis mampu menurunkan konsentrasi amonium hingga 97,7% dan mengurangi kepadatan mikroalga sebesar 78,6% (Jiang *et al.*, 2021). Selain itu, zeolit berperan penting dalam adsorpsi amonium dan peningkatan efisiensi penghilangan nitrogen pada limbah akuakultur (Paul & Hall, 2021). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa biofilter mampu meningkatkan aktivitas bakteri nitrifikasi sehingga menurunkan akumulasi amonia yang berpotensi memicu *algal bloom* pada sistem RAS. Temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan sistem filtrasi berbasis media fisik, kimia, dan biologis merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan kualitas air dan mengendalikan pertumbuhan mikroalga pada budidaya ikan nila.

Dampak Pengabdian terhadap Mitra

Penerapan sistem filter bertingkat memberikan dampak positif bagi mitra dari sisi teknis, sosial, dan ekonomi. Dari aspek teknis, mitra memperoleh pengetahuan baru tentang pengelolaan kualitas air dan pemeliharaan sistem filtrasi biologis dalam budidaya ikan nila berbasis *Recirculating Aquaculture System* (RAS). Mitra juga mulai memahami pentingnya pengendalian nutrisi serta pemantauan parameter kualitas air secara berkala untuk menjaga kestabilan ekosistem budidaya. Peningkatan pemahaman tersebut diharapkan dapat mendukung keberlanjutan sistem budidaya yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Dari sisi ekonomi, penggunaan sistem filtrasi bertingkat membantu mengurangi ketergantungan pada lampu ultraviolet (UV) yang memiliki konsumsi listrik tinggi. Dengan berkurangnya penggunaan teknologi berbasis energi listrik, biaya operasional budidaya menjadi lebih rendah dan lebih efisien bagi pembudidaya skala kecil.

Selain itu, perbaikan kualitas air juga berpotensi menurunkan tingkat kematian ikan sehingga produktivitas budidaya dapat meningkat. Kondisi tersebut memberikan keuntungan ekonomi jangka panjang bagi mitra karena biaya pemeliharaan dapat ditekan tanpa mengurangi kualitas lingkungan budidaya. Dari aspek sosial, kegiatan pengabdian meningkatkan kesadaran mitra akan pentingnya penerapan teknologi ramah lingkungan dalam budidaya ikan nila. Mitra menunjukkan antusiasme dalam melakukan perawatan sistem filtrasi dan berencana menerapkan sistem serupa

pada kolam budidaya lainnya. Keterlibatan aktif mitra selama proses implementasi juga memperkuat transfer pengetahuan antara perguruan tinggi dan masyarakat, sehingga program pengabdian tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan budidaya ikan secara mandiri dan berkelanjutan.

Discussion

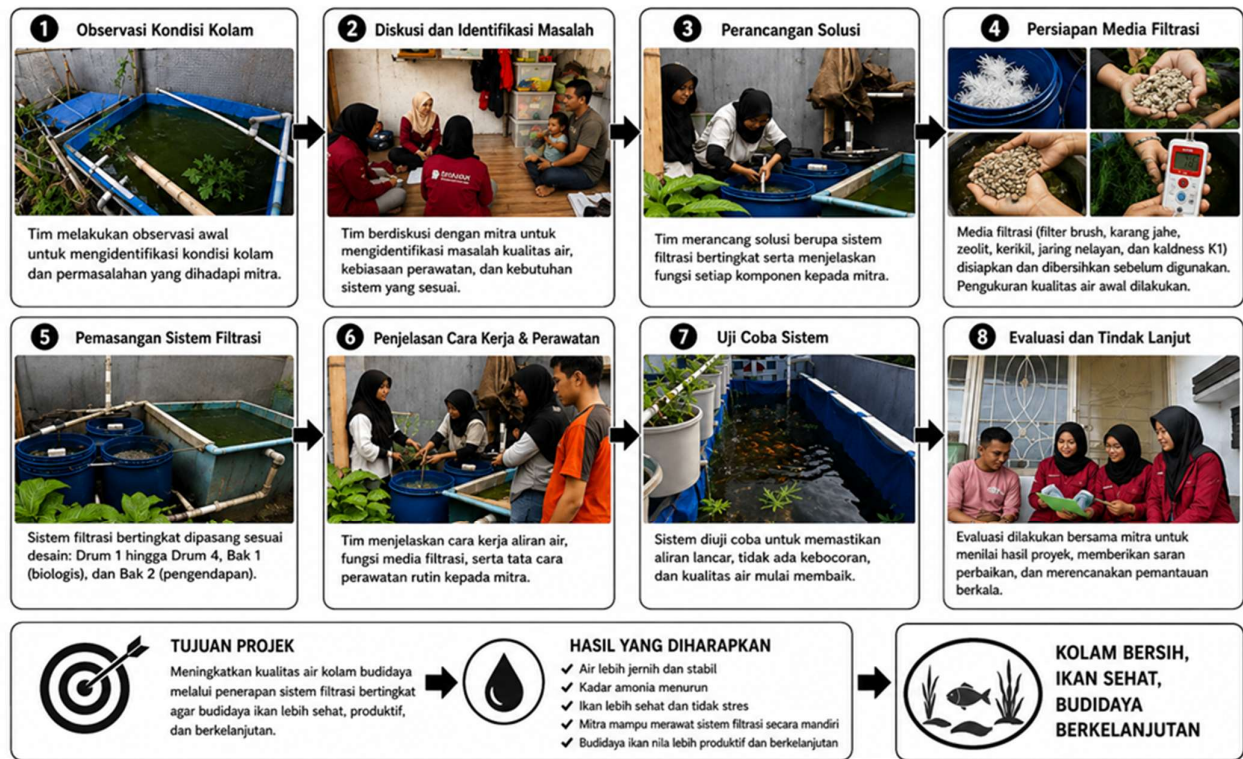
Budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus* merupakan salah satu sektor akuakultur air tawar yang berkembang pesat di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi tinggi, pertumbuhan yang relatif cepat, serta permintaan pasar yang terus meningkat (Arumugam *et al.*, 2023; El-Sayed, 2023; Gustiano *et al.*, 2023). Namun, intensifikasi budidaya ikan nila juga menyebabkan peningkatan limbah organik dari sisa pakan, ekskresi ikan, dan dekomposisi bahan organik yang berdampak terhadap penurunan kualitas air kolam (Hashmi *et al.*, 2025; Ruiz *et al.*, 2020; Suriasni *et al.*, 2023). Akumulasi limbah tersebut dapat meningkatkan kadar amonia, nitrit, nitrat, dan bahan organik terlarut yang berpotensi menimbulkan stres fisiologis pada ikan, menurunkan efisiensi pakan, meningkatkan risiko penyakit, hingga menyebabkan mortalitas apabila tidak dikendalikan secara optimal.

Permasalahan utama yang ditemukan pada mitra budidaya ikan nila Padasuka Nila Cimahi adalah terjadinya ledakan populasi mikroalga (*algal bloom*) pada kolam budidaya berbasis *Recirculating Aquaculture System* (RAS). Tingginya kandungan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, menyebabkan pertumbuhan mikroalga seperti *Euglena gracilis*, *Scenedesmus antillarum*, dan *Chlorella vulgaris* meningkat secara tidak terkendali. Kondisi tersebut menyebabkan air kolam berwarna hijau pekat, peningkatan pH, penurunan kestabilan kualitas air, serta menurunkan kenyamanan lingkungan budidaya ikan. Selain itu, *algal bloom* juga meningkatkan risiko eutrofikasi yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem kolam budidaya (Gilbert, 2020; Song *et al.*, 2023; Sukenik & Kaplan, 2021).

Mitra sebelumnya menggunakan metode pengendalian berbasis lampu ultraviolet (UV) untuk mengurangi pertumbuhan mikroalga. Akan tetapi, metode tersebut dinilai kurang efisien karena membutuhkan konsumsi energi listrik yang tinggi serta biaya operasional dan pemeliharaan yang cukup besar bagi pembudidaya skala kecil (Hashmi *et al.*, 2025). Penggunaan bahan kimia juga tidak menjadi pilihan utama karena berpotensi meninggalkan residu yang dapat memengaruhi kesehatan ikan dan kualitas lingkungan budidaya (Gilbert, 2020). Oleh sebab itu, mitra membutuhkan solusi alternatif yang lebih ekonomis, hemat energi, mudah diterapkan, dan ramah lingkungan untuk mengendalikan pertumbuhan mikroalga serta meningkatkan kualitas air kolam budidaya.

Ide Solusi dan Implementasi

Berdasarkan hasil identifikasi permasalahan, tim pengabdian masyarakat Program Studi Biologi mengembangkan solusi berupa penerapan sistem filter bertingkat (*multi-stage filtration system*) pada sistem budidaya berbasis RAS. Pendekatan ini dikembangkan melalui program proyek konsultasi berbasis keilmuan biologi yang melibatkan dosen, mahasiswa, dan mitra dalam proses identifikasi masalah, perancangan teknologi, implementasi, hingga evaluasi hasil kegiatan. Pendekatan kolaboratif tersebut bertujuan menghasilkan solusi yang aplikatif dan sesuai dengan kebutuhan di lapangan, sekaligus meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam penerapan ilmu biologi secara langsung di masyarakat (Guanlao *et al.*, 2025; Rios & Neas, 2024).



Gambar 2. Tahapan Observasi, Implementasi, dan Evaluasi Sistem Filtrasi Bertingkat pada Kolam Budidaya Mitra
Sumber: Dokumentasi Pengabdian, 2025

Berdasarkan **Gambar 2**, dapat diketahui bahwa sistem filter bertingkat yang diterapkan mengombinasikan filtrasi mekanis dan biologis menggunakan media sederhana yang mudah diperoleh oleh masyarakat lokal, seperti jaring nelayan, kerikil, kaldness K1, karang jahe, *filter brush*, dan zeolit. Media filtrasi tersebut disusun secara bertahap untuk menyaring partikel padat, mengurangi bahan organik terlarut, serta mendukung proses nitrifikasi biologis yang mampu menurunkan kadar amonia dan nutrisi yang menyebabkan pertumbuhan mikroalga (Ende *et al.*, 2024; Ruiz *et al.*, 2020; Suriasni *et al.*, 2023). Implementasi sistem dilakukan menggunakan empat (4) drum dan dua (2) bak penampung yang dihubungkan dengan pipa PVC melalui sistem aliran gravitasi. Drum pertama digunakan sebagai penyaring partikel kasar menggunakan jaring nelayan, sedangkan drum kedua berisi kerikil untuk filtrasi fisik lanjutan. Bak berikutnya diisi media kaldness K1 sebagai tempat pertumbuhan bakteri nitrifikasi.

Drum selanjutnya diisi dengan *filter brush* dan karang jahe untuk meningkatkan efektivitas filtrasi biologis, sedangkan drum terakhir berisi zeolit yang berfungsi menyerap ion amonium dan senyawa nitrogen terlarut. Air hasil filtrasi kemudian dialirkan kembali ke kolam budidaya melalui bak pengendapan akhir. Pemilihan media lokal pada sistem filtrasi dilakukan untuk menekan biaya implementasi dan memudahkan mitra dalam melakukan perawatan sistem secara mandiri. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi media biologis dan mekanis mampu meningkatkan efisiensi pengolahan limbah akuakultur serta memperbaiki stabilitas kualitas air pada sistem budidaya intensif (Ende *et al.*, 2024). Selain itu, penggunaan zeolit diketahui efektif dalam menyerap ion amonium melalui mekanisme pertukaran ion sehingga mampu menurunkan konsentrasi amonia dalam air budidaya (Hashmi *et al.*, 2025).

Hasil Pemecahan Masalah

Penerapan sistem filter bertingkat menunjukkan hasil positif dalam perbaikan kualitas air kolam budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus*. Setelah penerapan sistem filtrasi, terjadi penurunan nilai pH dari 9,18 menjadi 7,60. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa sistem filtrasi mampu menstabilkan kondisi kimia air menuju kisaran optimal bagi pertumbuhan ikan nila. Nilai pH yang terlalu tinggi pada kolam budidaya umumnya dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis mikroalga yang berlebihan akibat tingginya kandungan nutrisi dalam air. Penurunan nilai pH menyebabkan pertumbuhan mikroalga lebih terkendali, sehingga stabilitas lingkungan budidaya menjadi lebih baik. Selain itu, nilai EC mengalami penurunan dari 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menjadi 212 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sedangkan nilai TDS menurun dari 147 ppm menjadi 115 ppm. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa sistem filtrasi efektif dalam mengurangi ion-ion terlarut serta akumulasi bahan organik pada air kolam. Media seperti zeolit dan kalsium K1 berperan penting dalam proses adsorpsi senyawa nitrogen serta mendukung aktivitas bakteri nitrifikasi sehingga penumpukan limbah organik dapat ditekan (Ruiz *et al.*, 2020; Suriasni *et al.*, 2023).

Penurunan kadar amonia total dari 0,5 mg/L menjadi 0,18 mg/L menunjukkan bahwa proses nitrifikasi pada sistem filtrasi berjalan dengan baik. Kadar amonia yang rendah sangat penting dalam budidaya ikan intensif karena amonia merupakan salah satu parameter toksik utama yang dapat menyebabkan stres oksidatif dan gangguan fisiologis pada ikan nila. Kadar amonia di bawah 0,2 mg/L menunjukkan bahwa kondisi lingkungan budidaya menjadi lebih aman dan mendukung pertumbuhan ikan secara optimal. Perubahan visual kolam juga menunjukkan hasil yang signifikan, di mana air kolam menjadi lebih jernih dan warna hijau pekat akibat *algal bloom* mulai berkurang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem filtrasi mampu mengurangi kandungan nutrisi yang menjadi sumber utama pertumbuhan mikroalga. Dibandingkan dengan penggunaan lampu ultraviolet (UV), sistem filter bertingkat juga lebih hemat energi karena tidak memerlukan konsumsi listrik tambahan dalam proses filtrasi biologis. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan kualitas air, tetapi juga membantu menurunkan biaya operasional budidaya serta meningkatkan kemandirian mitra dalam mengelola kualitas air kolam.

Masukan untuk Perbaikan Ke Depan

Meskipun sistem filter bertingkat menunjukkan hasil yang efektif dalam memperbaiki kualitas air kolam budidaya ikan nila, mekanisme kerjanya masih dapat dikembangkan agar proses filtrasi berlangsung lebih optimal dan stabil dalam jangka panjang. Pada sistem yang telah diterapkan, aliran air bekerja secara bertahap melalui kombinasi filtrasi mekanis dan biologis. Air kolam pertama kali masuk ke drum awal yang berisi jaring nelayan untuk menyaring partikel kasar seperti sisa pakan dan padatan organik berukuran besar. Selanjutnya, air mengalir menuju drum kerikil yang berfungsi sebagai filtrasi fisik lanjutan untuk mengurangi partikel tersuspensi berukuran lebih kecil. Setelah itu, air dialirkan menuju media biologis berupa kalsium K1, *filter brush*, dan karang jahe yang berperan sebagai tempat tumbuh bakteri nitrifikasi untuk menguraikan senyawa amonia menjadi nitrit dan nitrat yang lebih aman bagi ikan.

Tahap akhir dilakukan menggunakan media zeolit yang berfungsi menyerap ion amonium dan senyawa terlarut sebelum air dialirkan kembali ke kolam budidaya. Mekanisme kerja tersebut terbukti mampu menurunkan nilai pH, EC, TDS, dan amonia total, namun efektivitasnya masih dipengaruhi oleh debit aliran air, kepadatan ikan, serta frekuensi pembersihan media filtrasi. Apabila aliran air terlalu cepat, waktu kontak antara air dan media biologis menjadi lebih singkat sehingga proses nitrifikasi tidak berlangsung secara optimal. Sebaliknya, jika aliran terlalu lambat atau media jarang dibersihkan, dapat terjadi penumpukan bahan organik yang menyebabkan penyumbatan dan menurunkan efektivitas filtrasi. Oleh karena itu, pengaturan debit air dan jadwal pemeliharaan media filtrasi perlu dioptimalkan agar sistem dapat bekerja lebih stabil dan lebih efisien. Pengembangan berikutnya dapat dilakukan melalui penambahan sistem aerasi pada bagian biofilter untuk meningkatkan suplai oksigen bagi bakteri nitrifikasi sehingga proses penguraian amonia berlangsung lebih optimal.

Selain itu, kapasitas media biologis juga dapat ditingkatkan melalui budidaya dengan kepadatan tebar ikan yang lebih tinggi, agar kemampuan pengolahan limbah tetap seimbang dengan jumlah bahan organik yang dihasilkan. Penggunaan sensor kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) berpotensi diterapkan untuk memantau parameter seperti pH, suhu, oksigen terlarut, dan amonia secara *real-time*, sehingga perubahan kualitas air dapat diketahui lebih cepat dan tindakan pengelolaan dapat dilakukan dengan lebih tepat. Selain pengembangan teknis, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi efektivitas berbagai kombinasi media filtrasi lokal, durasi penggunaan media, serta kinerja sistem dalam jangka panjang. Dengan penyempurnaan mekanisme kerja tersebut, sistem filter bertingkat diharapkan dapat menjadi teknologi pengelolaan kualitas air yang lebih efektif, ekonomis, mudah diterapkan, dan berkelanjutan untuk budidaya ikan nila skala kecil hingga menengah.

CONCLUSION

Kegiatan pengabdian masyarakat melalui penerapan sistem filter bertingkat (*multi-stage filtration system*) pada budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus* berbasis *Recirculating Aquaculture System* (RAS) berhasil memberikan solusi alternatif yang efektif, hemat energi, dan ramah lingkungan untuk mengendalikan pertumbuhan mikroalga serta memperbaiki kualitas air kolam budidaya. Sistem filtrasi yang mengombinasikan media mekanis dan biologis terbukti mampu menurunkan parameter kualitas air yang menjadi indikator tingginya kandungan nutrisi, yaitu pH, EC, TDS, dan amonia total. Penerapan teknologi ini menunjukkan bahwa penggunaan media filtrasi sederhana seperti jaring nelayan, kerikil, kaldness K1, *filter brush*, karang jahe, dan zeolit dapat menjadi solusi yang lebih ekonomis dibandingkan dengan penggunaan lampu ultraviolet (UV). Kombinasi media tersebut mampu bekerja secara efektif dalam menyaring partikel padat, menurunkan kandungan bahan organik terlarut, serta mendukung proses nitrifikasi biologis yang berperan dalam mengurangi kadar amonia dan nutrisi yang dapat memicu pertumbuhan mikroalga.

Demikian, sistem filtrasi bertingkat tidak hanya meningkatkan kualitas air, tetapi juga membantu menekan biaya operasional budidaya ikan nila skala kecil hingga menengah. Selain memberikan dampak teknis terhadap peningkatan kualitas air, kegiatan pengabdian ini turut meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mitra dalam pengelolaan kualitas air budidaya secara mandiri melalui pendekatan proyek konsultasi berbasis kolaborasi antara dosen, mahasiswa, dan masyarakat. Keterlibatan aktif mitra selama proses identifikasi masalah, pemasangan sistem, monitoring, hingga evaluasi memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pentingnya pengelolaan kualitas air yang berkelanjutan dalam budidaya ikan berbasis RAS. Program pengabdian ini juga berhasil meningkatkan kesadaran masyarakat akan penerapan teknologi ramah lingkungan dalam kegiatan akuakultur. Secara keseluruhan, program pengabdian masyarakat ini berhasil mendukung keberlanjutan budidaya ikan nila yang lebih efisien, ekonomis, dan berkelanjutan.

Sistem filter bertingkat yang diterapkan mampu menjadi alternatif teknologi tepat guna yang mudah diaplikasikan oleh pembudidaya serta berpotensi dikembangkan pada skala budidaya yang lebih luas. Pengembangan selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian sistem filtrasi pada skala budidaya yang lebih besar dengan periode pemeliharaan yang lebih panjang agar efektivitas sistem dapat dievaluasi secara lebih komprehensif. Selain itu, diperlukan analisis tambahan terhadap parameter kualitas air lainnya, seperti oksigen terlarut, nitrit, dan nitrat, untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai kinerja sistem filtrasi dalam menjaga kestabilan lingkungan budidaya. Kegiatan pendampingan dan pelatihan kepada pembudidaya juga perlu dilakukan secara berkelanjutan agar mitra mampu melakukan pemeliharaan sistem filtrasi secara optimal dan mandiri setelah program pengabdian selesai dilaksanakan. Di sisi lain, pengembangan inovasi filtrasi berbasis bahan lokal lainnya berpotensi menjadi alternatif teknologi tepat guna yang lebih murah, mudah diperoleh, dan sesuai untuk diterapkan pada budidaya ikan air tawar skala kecil di berbagai daerah.

AUTHOR'S NOTE

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam publikasi artikel ini. Seluruh proses penyusunan artikel dilakukan secara objektif berdasarkan hasil kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilaksanakan. Penulis juga menegaskan bahwa seluruh data, hasil analisis, serta isi artikel ini disusun secara orisinal dan bebas dari plagiarisme. Ucapan terima kasih disampaikan kepada mitra budidaya ikan nila *Oreochromis niloticus* Padasuka Nila Cimahi atas kerja sama, dukungan, dan partisipasi aktif selama pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Apresiasi juga diberikan kepada mahasiswa Program Studi Biologi yang telah terlibat dalam proses identifikasi permasalahan, implementasi sistem filtrasi, monitoring kualitas air, hingga evaluasi hasil kegiatan. Dukungan dan kolaborasi seluruh pihak menjadi faktor penting dalam keberhasilan penerapan sistem filter bertingkat sebagai solusi pengelolaan kualitas air pada budidaya ikan nila berbasis *Recirculating Aquaculture System* (RAS).

REFERENCES

- Alrashada, Y. N., Hassanien, H. A., Abbas, A. O., Alkhamis, S. A., & Alkobaby, A. I. (2023). Dietary propolis improves the growth performance, redox status, and immune response of Nile tilapia upon a cold-stress challenge. *Plos one*, 18(11), 1-17.
- Amin, M., Musdalifah, L., & Ali, M. (2020). Growth performances of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, reared in recirculating aquaculture and active suspension systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441(1), 1-5.
- Arumugam, M., Ramachandran, M., & Kumar, P. (2023). Recent advances in tilapia production for sustainable aquaculture and food security. *Fishes*, 8(4), 1-31.
- Ban, F., Wang, Y., & Cheng, Y. (2025). Study on the adsorption of ammonia nitrogen with the best modified zeolite. *Discover Water*, 5(1), 1-14.
- Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. (2017). Removal of Natural Organic Matter (NOM) and its constituents from water by adsorption – A review. *Chemosphere*, 166(1), 497–510.
- Christwardana, M., Hadiyanto, H., & Pratiwi, W. Z. (2022). Optimization of light intensity and color temperature in the cultivation of *Chlorella vulgaris* culture using the surface response methodology. *Journal of Bioresources and Environmental Sciences*, 1(2), 33–41.
- Detho, A., Rosli, M. A., Ghazouani, N., Mabrouk, A., Elhag, A. B., Kadir, A. A., Daud, Z., & Rassem, H. H. (2025). Potential of composite adsorbent comprising peat, limestone, zeolite, and activated carbon for the treatment of diffused soluble contaminants. *Applied Water Science*, 15(1), 1-20.
- Dolganyuk, V., Belova, D., Babich, O., Prosekov, A., Ivanova, S., Katserov, D., Patyukov, N., & Sukhikh, S. (2020). Microalgae: A promising source of valuable bioproducts. *Biomolecules*, 10(8), 1-24.
- El-Sayed, A.-F. M. (2023). From Africa to the world—The journey of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Species profile and farming practices. *Reviews in Aquaculture*, 15(4), 6-21.
- Ende, S., Martins, C. I. M., Eding, E. H., & Schrama, J. W. (2024). Recent advances in recirculating aquaculture systems and marine microalgae: From wastewater treatment to resource recovery. *Aquaculture*, 407(1), 1-18.

- Glibert, P. M. (2020). Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*, 91(1), 1-15.
- González, Y., Gómez, G., Moeller-Chávez, G. E., & Vidal, G. (2023). UV disinfection systems for wastewater treatment: Emphasis on reactivation of microorganisms. *Sustainability*, 15(14), 1-19.
- Guanlao, R. G., Pax, J. P., Wei, Y., & Zhang, W. (2025). A meta-analysis of community engaged learning and thriving in higher education. *Frontiers in Education*, 10(1), 1-16.
- Gupta, S., Makridis, P., Henry, I., Velle-George, M., Ribicic, D., Bhatnagar, A., ... & Netzer, R. (2024). Recent developments in recirculating aquaculture systems: A review. *Aquaculture Research*, 1(1), 1-21.
- Gustiano, R., Arifin, O. Z., Subagja, J., Kurniawan, K., Prihadi, T. H., Saputra, A., ... & Kristanto, A. H. (2023). The success of freshwater aquaculture program: Nile tilapia or “Nila” culture In Indonesia. *Jurnal Zuriat*, 34(2), 56-68.
- Hashmi, Z., Ahmad, N., Rehman, S., Khan, M. A., & Ali, H. (2025). Recirculating aquaculture systems: Advances, impacts, and integrated pathways for sustainable growth. *Smart Agricultural Technology*, 10(1), 1-29.
- Hu, J., Meng, W., Su, Y., Qian, C., & Fu, W. (2023). Emerging technologies for advancing microalgal photosynthesis and metabolism toward sustainable production. *Frontiers in Marine Science*, 10(1), 1-20.
- Ji, L., Hu, Y., Liu, S., & Chen, G. (2021). A comparative study of the growth and nutrient removal characteristics of five microalgae in livestock wastewater. *Water*, 13(24), 1-11.
- Jiang, R., Qin, L., Feng, S., Huang, D., Wang, Z., & Zhu, S. (2021). The joint effect of ammonium and pH on the growth of *Chlorella vulgaris* and ammonium removal in artificial liquid digestate. *Bioresource Technology*, 325(1), 1-10.
- Mnyoro, M. S., Munubi, R. N., Pedersen, L. F., & Chenyambuga, S. W. (2022). Evaluation of biofilter performance with alternative local biomedias in pilot scale recirculating aquaculture systems. *Journal of Cleaner Production*, 366(1), 1-9.
- Paul, D., & Hall, S. G. (2021). Biochar and zeolite as alternative biofilter media for denitrification of aquaculture effluents. *Water*, 13(19), 1-13.
- Rios, M., & Neas, S. (2024). Community-engaged learning in graduate education: A review and call to action. *International Journal of Research on Service-Learning and Community Engagement*, 12(1), 1-21.
- Ruiz, P., Vidal, J. M., Sepúlveda, D., Torres, C., Villouta, G., Carrasco, C., ... & Urrutia, H. (2020). Overview and future perspectives of nitrifying bacteria on biofilters for recirculating aquaculture systems. *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1478-1494.
- Said, K. A. M., Asif, S., Mazelan, N., Rahman, M. R., Hamdan, S., & Kuok, K. K. (2025). Exploring the effect of zeolite/activated carbon variation in filtration media for peat water treatment. *Chemical Engineering Transactions*, 122(1), 361–366.
- Siddik, M. A., Francis, P., Foysal, M. J., & Francis, D. S. (2024). Dietary seaweed extract mitigates oxidative stress in Nile tilapia by modulating inflammatory response and gut microbiota. *Frontiers in Immunology*, 15(1), 1-18.

- Song, L., Jia, Y., Qin, B., Li, R., Carmichael, W. W., Gan, N., ... & Sukenik, A. (2023). Harmful cyanobacterial blooms: biological traits, mechanisms, risks, and control strategies. *Annual Review of Environment and Resources*, 48(1), 123-147.
- Srimongkol, P., Sangtanoo, P., Songserm, P., Watsuntorn, W., & Karnchanatat, A. (2022). Microalgae-based wastewater treatment for developing economic and environmental sustainability: Current status and future prospects. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10(1), 1-18.
- Sukenik, A., & Kaplan, A. (2021). Cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems: A comprehensive outlook on current and emerging mitigation and control approaches. *Microorganisms*, 9(7), 1-24.
- Suriasni, P. A., Faizal, F., Panatarani, C., Hermawan, W., & Joni, I. M. (2023). A review of bubble aeration in biofilter to reduce total ammonia nitrogen of recirculating aquaculture system. *Water*, 15(4), 1-19.
- Taher, T., Nurhadi, B., & Prasetya, A. (2024). Effect of desilication on Indonesian natural zeolite for the enhancement of ammonium adsorption capacity. *Silicon*, 16(1), 1309–1319.
- Yu, Y., Chen, Y., Chang, Y., Luo, J., Li, H., Feng, J., ... & Jian, J. (2026). The role of thioredoxin in mitigating ammonia-induced oxidative stress in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals*, 16(11), 1-17.