

Penerapan *Recirculating Aquaculture System* (RAS) pada Kolam Bundar untuk Budidaya Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) di Tambak Wedi Kenjeran, Surabaya

Rozi, Akhmad Taufiq Mukti, Rahayu Kusdarwati*

Departemen Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

*Corresponding Author: rahayukusdar@gmail.com

Dikirim: 11-09-2025; Direvisi: 19-11-2025; Diterima: 21-11-2025

Abstrak: Kelompok pembudidaya lele di Tambak Wedi menghadapi dua masalah utama: biaya pakan mencapai 60–70% total produksi dan penurunan mutu air ketika penghematan dilakukan dengan pakan kurang higienis. Program pengabdian ini (Agustus–September 2020) bertujuan menerapkan *Recirculating Aquaculture System* (RAS) pada kolam bundar untuk budidaya lele dumbo, meningkatkan kapasitas mitra dalam manajemen pakan, biosekuriti, dan perawatan filter, serta menyusun SOP berbasis CBIB yang mudah direplikasi. Subjek kegiatan adalah Paguyuban Pembudidaya Ikan Lele Tambak Wedi dan dua kolam bundar Ø≈2 m berisi benih lele dumbo (20 ekor/m³; P0 konvensional, P1 RAS). Instrumen evaluasi meliputi kuesioner need assessment dan pre–post singkat, lembar observasi kepatuhan SOP, serta logbook harian kualitas air (suhu, DO, TAN), pertumbuhan (ΔW, ΔL), kelangsungan hidup (SR), dan FCR. Dalam uji 30 hari, P1 menjaga TAN lebih rendah dan DO lebih stabil; ΔW dan SR di P1 (≈39,15 g; ≈97%) lebih tinggi dibanding P0 (≈33,19 g; ≈93%), dengan FCR membaik (≈1,4 vs ≈1,6). Kepatuhan SOP meningkat dari ~68% menjadi ~92%. RAS pada kolam bundar terbukti layak untuk lingkungan padat penduduk, menstabilkan kualitas air, meningkatkan kinerja budidaya, dan menggefisienkan pakan.

Kata kunci: *Recirculating aquaculture system*; *Clarias gariepinus*; kolam bundar; kualitas air; Life below water

Abstract: Catfish farmers in Tambak Wedi face two persistent challenges: feed accounts for 60–70% of total production costs, and water quality deteriorates rapidly when farmers attempt to reduce expenses by using sub-optimal or unhygienic feed. This community engagement program (August–September 2020) aimed to introduce a *Recirculating Aquaculture System* (RAS) in small round tanks for *Clarias gariepinus* culture; strengthen farmers' competencies in feed management, biosecurity, and filter maintenance; and develop a replicable CBIB-based standard operating procedure (SOP). The program involved members of the Tambak Wedi Catfish Farmers' Association and two 2-m-diameter tanks stocked at 20 fish/m³ (P0: conventional system; P1: RAS). Evaluation instruments included a need-assessment questionnaire, pre- and post-training surveys, an SOP-compliance checklist, and daily logbooks for water quality (temperature, DO, TAN), growth (ΔW, ΔL), survival rate (SR), and feed conversion ratio (FCR). Across the 30-day trial, the RAS treatment (P1) maintained lower TAN concentrations and more stable DO levels. Growth and survival improved in P1 (ΔW ≈ 39.15 g; SR ≈ 97%) compared with P0 (ΔW ≈ 33.19 g; SR ≈ 93%), accompanied by better FCR values (≈1.4 vs ≈1.6). SOP compliance rose markedly from ~68% to ~92%. Overall, implementing RAS in compact round tanks proved technically and operationally feasible for densely populated settings, offering more stable water quality, improved biological performance, and greater feed efficiency.

Keywords: *Recirculating aquaculture system*; *Clarias gariepinus*; circular tanks; water quality; Life below water

PENDAHULUAN

Ikan lele merupakan salah satu komoditas air tawar penting di Indonesia dengan keunggulan pertumbuhan cepat, toleransi lingkungan yang luas, dan kemudahan pemeliharaan, sehingga banyak diusahakan pada skala rumah tangga hingga komersial, termasuk di kawasan perkotaan seperti Surabaya. Di Kelurahan Tambak Wedi, Kenjeran, kelompok pembudidaya lokal mengembangkan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) menggunakan kolam bundar sebagai unit produksi utama. Namun praktik budidaya yang berjalan masih menghadapi dua simpul masalah utama. Pertama, biaya pakan mendominasi struktur ongkos, sering kali mencapai 60 hingga 70 persen dari total biaya produksi ketika manajemen pakan kurang presisi (Kurniawan *et al.*, 2017; Rachmawati *et al.*, 2015). Kedua, upaya penghematan melalui penggunaan pakan alternatif yang tidak higienis, seperti sisa makanan rumah tangga atau bangkai, berisiko menurunkan mutu air dan meningkatkan kejadian penyakit (Oktavianawati *et al.*, 2016). Dalam konteks permukiman padat penduduk, keterbatasan sumber air bersih dan potensi pencemaran limbah budidaya semakin menegaskan kebutuhan teknologi budidaya yang hemat air, terkontrol, dan ramah lingkungan (Martins *et al.*, 2010; Badiola *et al.*, 2012).

Recirculating Aquaculture System (RAS) merupakan salah satu pendekatan yang menjawab tantangan tersebut. Secara prinsip, RAS memanfaatkan kembali air kolam melalui filtrasi mekanik untuk menghilangkan padatan tersuspensi, filtrasi biologis oleh biofilm *nitrifier* pada media berpermukaan luas untuk mengoksidasi amonia dan nitrit, serta aerasi untuk menjaga kadar oksigen terlarut. Proses ini menjaga stabilitas kualitas air dan menekan konsentrasi nitrogen anorganik total sehingga aman bagi ikan (Timmons & Ebeling, 2013; Martins *et al.*, 2010). Berbagai kajian menunjukkan bahwa RAS efektif menurunkan kebutuhan pergantian air, memperbaiki kontrol lingkungan, serta meminimalkan beban limbah pada unit budidaya dengan padat tebar tinggi (Lekang, 2007; Badiola *et al.*, 2012). Pada budidaya lele, stabilitas kualitas air dan *biosecurity* merupakan prasyarat kontrol penyakit dan performa pertumbuhan, sementara pengelolaan pakan secara presisi menjadi kunci efisiensi karena pakan menyerap porsi biaya terbesar pada siklus produksi (Rachmawati *et al.*, 2015; Samsundari & Wirawan, 2013; Kurniawan *et al.*, 2017).

Kolam bundar memiliki karakter hidrodinamika yang mendukung penerapan RAS skala kecil. Pola aliran melingkar memudahkan pengumpulan padatan ke pusat kolam sehingga lebih mudah disedot dan dibuang, yang pada akhirnya mengurangi beban pada unit filtrasi dan meningkatkan efisiensi pemeliharaan harian (Lekang, 2007; Timmons & Ebeling, 2013). Kombinasi kolam bundar dan RAS dengan desain sederhana, terjangkau, dan mudah dirawat menjadi pilihan strategis untuk konteks budidaya di lingkungan padat penduduk seperti Tambak Wedi, di mana ruang terbatas dan kualitas air baku sering fluktuatif (Martins *et al.*, 2010).

Meskipun memiliki keunggulan, penerapan RAS juga membawa tantangan. Sistem ini menuntut ketersediaan energi untuk pompa dan aerasi, disiplin tinggi dalam perawatan filter, serta pemahaman yang baik mengenai proses nitrifikasi agar tidak terjadi akumulasi *total ammonia nitrogen (TAN)* dan nitrit yang merugikan ikan (Martins *et al.*, 2010; Badiola *et al.*, 2012). Pada skala pembudidaya kecil, kendala ini sering berasal dari keterbatasan pengetahuan teknis dan ketiadaan *standard operating procedure (SOP)* yang praktis. Oleh karena itu, komponen edukasi yang mencakup pelatihan, penyusunan SOP, dan pendampingan lapangan (*coaching*) menjadi elemen

penting dalam alih teknologi untuk memastikan penerapan RAS berjalan optimal dan berkelanjutan (Rachmawati *et al.*, 2015; Samsundari & Wirawan, 2013).

Berdasarkan kondisi tersebut, program pengabdian masyarakat ini difokuskan pada *transfer technology* RAS yang kontekstual dan terjangkau bagi kelompok pembudidaya lele di Tambak Wedi. Intervensi meliputi perancangan dan instalasi unit RAS skala kecil pada kolam bundar, pelatihan manajemen pakan dan *biosecurity*, perawatan filter, penyusunan SOP berbasis CBIB (*Cara Budidaya Ikan yang Baik*), pendampingan operasional serta *monitoring* dan evaluasi (*monev*) kualitas air dan performa budidaya. Tujuan utama program ini adalah meningkatkan kapasitas teknis pembudidaya, mendorong efisiensi biaya pakan, menstabilkan kualitas air, menurunkan risiko penyakit, serta memperbaiki parameter performa budidaya seperti *survival rate* (SR), *specific growth rate* (SGR), dan *feed conversion ratio* (FCR), sehingga keberlanjutan usaha dapat terjaga.

METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Metode Pendekatan

Pemecahan masalah pada pembudidaya lele Paguyuban Pembudidaya Ikan Lele Tambak Wedi dilakukan melalui kemitraan antara tim pengabdian FPK Universitas Airlangga, pengurus paguyuban, dan tokoh masyarakat setempat. Pendekatan menggabungkan transfer teknologi dan pemberdayaan: (i) *need assessment* dan desain solusi kontekstual; (ii) penyuluhan–pelatihan; (iii) demonstrasi lapang dan pendampingan operasional; dan (iv) monitoring–evaluasi (*monev*) berkala. Teknologi yang diinduksikan adalah *Recirculating Aquaculture System* (RAS), disebut juga RWS di lapangan, sebagai model budidaya lele yang hemat air, terkontrol, dan ramah lingkungan.

Tahapan Penerapan RAS (RWS)

Survei & persiapan. Survei awal dilakukan di lahan dan kolam milik paguyuban (Jl. Tambak Wedi Baru, Kelurahan Tambak Wedi, Kenjeran) untuk memetakan kondisi eksisting (konstruksi kolam, saluran antar-kolam, sumber listrik–air, kebiasaan pemberian pakan) dan kesiapan adopsi. Hasil survei menjadi dasar perbaikan konstruksi kolam bundar dan tata alir pipa (*inlet–outlet*, jalur pembuangan limbah), serta daftar kebutuhan peralatan RAS. Penyuluhan & pelatihan. Kegiatan luring dilakukan di salah satu kolam mitra agar peserta langsung mempraktikkan materi. Metode utama berupa tutorial–visualisasi dilanjut diskusi: prinsip RAS, manajemen pakan, biosekuriti, jadwal perawatan filter, dan prosedur keselamatan. Demonstrasi teknologi. Tim melakukan peragaan (*hands-on*) instalasi perangkat RAS (pompa sirkulasi, *settling* sederhana, filter mekanik, biofilter berpermukaan tinggi, dan aerasi) pada kolam bundar terpilih. Desain aliran dibuat sedemikian rupa agar sirkulasi efektif, padatan mudah terkumpul dan disedot, serta tersedia opsi pembuangan ketika diperlukan (*purging*).

Pengelolaan Kegiatan dan Partisipasi Mitra

Pengelolaan program mencakup: pemetaan lokasi (pra-kegiatan), fabrikasi/perakitan perangkat RAS di laboratorium FPK (agar instalasi lapang efisien), penetapan jadwal–lokasi–peserta bersama mitra, lalu penyuluhan–peragaan–penerapan. Dua orang pendamping teknis dari tim pengmas ditugaskan untuk coaching



lapang hingga panen (satu siklus, $\pm 3-4$ bulan). Mitra berpartisipasi aktif sebagai peserta pelatihan, operator kolam selama uji operasional, serta penanggung jawab pengukuran parameter harian dengan supervisi pendamping. Peran mahasiswa adalah mendokumentasikan proses, membantu pengukuran mutu air, dan memastikan SOP harian dijalankan tanpa mengganggu perkuliahan.

Rancangan Uji Operasional dan Prosedur

Desain perlakuan. Uji operasional 30 hari dilakukan dengan dua perlakuan: P0 (konvensional) = pengelolaan normal dengan buang air 5–10%/minggu; P1 (RAS/RWS) = pengelolaan menggunakan sirkuit resirkulasi dengan filter mekanik–biologis aktif. Periode uji: 27 Agustus–25 September 2020. Wadah & tebar. Digunakan dua kolam bundar berdiameter 2 m (masing-masing untuk P0 dan P1). Kepadatan tebar: 20 ekor/m³ benih lele dumbo (*Clarias gariepinus*). Benih ditimbang (timbangan analitik) dan diukur panjang total (mistar) sebelum aklimatisasi lalu ditebar. Pakan & pemeliharaan. Pakan komersial protein $\pm 30\%$, diberikan 3×/hari (≈ 07.00 ; 12.00 ; 16.00 WIB). Pada perlakuan RAS, padatan disedot terjadwal dan filter dirawat sesuai SOP. Keamanan & keselamatan. Jalur listrik ditata dengan drip loop, stop-kontak berjauhan dari sumber air, dan alat pelindung dasar tersedia di lokasi.

Parameter, Instrumen, dan SOP

Mutu air. Diukur setiap pagi: suhu ($^{\circ}\text{C}$), oksigen terlarut/DO (mg/L), dan amonia total/TAN (mg/L) menggunakan alat lapang standar yang telah dikalibrasi. (Opsional, bila tersedia: pH, nitrit, TSS.) Pertumbuhan & kelangsungan hidup. Sampel ikan ditimbang dan diukur pada awal–akhir uji.

Formula Performa Ikan Lele:

Pertumbuhan bobot mutlak :

$$\Delta W = W_t - W_0 \text{ (gram)}$$

Pertumbuhan panjang mutlak :

$$\Delta L = L_t - L_0 \text{ (cm)}$$

Kelangsungan hidup :

$$\text{SR, \%} = (N_t / N_0) \times 100.$$

SOP operasi harian–mingguan (ringkas). Harian: cek DO–suhu–perilaku makan; sifon padatan area tengah kolam bundar; observasi integritas pompa dan aliran. Mingguan: *backwash* filter mekanik; cek media biofilter (aliran tidak tersumbat); penggantian air parsial bila TAN/DO melewati ambang internal; pencatatan pakan untuk estimasi FCR (bila data panen tersedia). Dokumentasi. Semua pengukuran dicatat pada lembar log; foto/videografi dilakukan dengan persetujuan mitra.

Monitoring dan Evaluasi

Frekuensi monev minimal bulanan sepanjang satu siklus pemeliharaan (3–4 bulan) untuk menilai implementasi SOP, stabilitas mutu air, dan kinerja budidaya. Indikator proses: keterlaksanaan penyuluhan–demonstrasi, jumlah peserta aktif, dan kepatuhan SOP. Indikator hasil: tren mutu air (DO naik/stabil, TAN terkontrol), SR dan pertumbuhan relatif antar-perlakuan, serta umpan balik mitra mengenai



kemudahan operasi dan biaya (khususnya efisiensi air dan pakan). Evaluasi akhir dilakukan setelah panen.

Analisis Data dan Keterbatasan

Data mutu air dan performa (ΔW , ΔL , SR) diringkas deskriptif (rerata, rentang) dan ditampilkan grafis untuk membandingkan P0 vs P1. Karena uji operasional memakai satu kolam per perlakuan (tanpa ulangan biologis), analisis inferensial tidak dilakukan; hasil diposisikan sebagai indikasi awal efektivitas RAS di konteks mitra. Pada siklus berikut, disarankan minimal tiga ulangan per perlakuan atau desain *before–after with control* agar uji statistik (mis. *t-test/Mann–Whitney*) dan ukuran efek dapat dihitung sah.

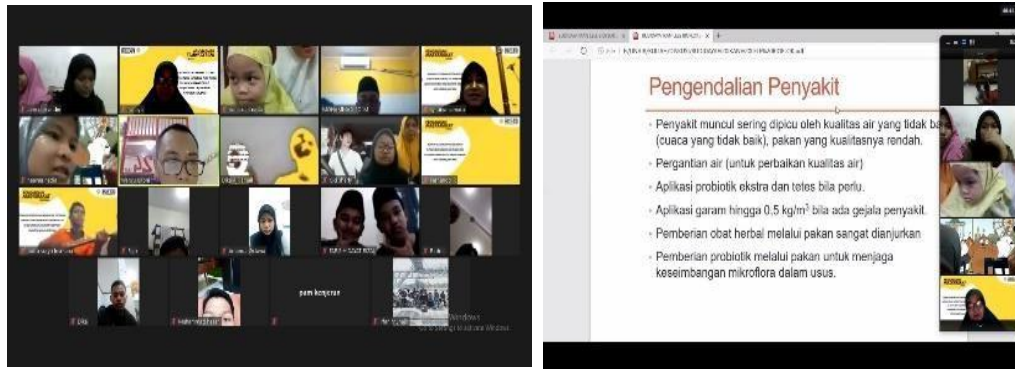
IMPLEMENTASI KEGIATAN DAN PEMBAHASAN

Kegiatan diawali koordinasi teknis dengan Paguyuban Pembudidaya Ikan Lele Tambak Wedi untuk penetapan lokasi, alur perizinan, serta pembagian peran. Survei awal memetakan dua tipe kolam eksisting, kolam persegi panjang (warisan budidaya konvensional) dan kolam bundar target instalasi RAS. Pada tahap ini tim menilai integritas dinding, ketersediaan listrik, jalur pembuangan, dan ruang untuk penempatan filter–pompa. Hasil survei digunakan untuk menyusun *layout* pipa masuk–keluar, posisi overflow, dan penempatan dua drum filter (mekanik dan biofilter) berikut rak aquaponik sebagai unit “polishing” nitrat (Gambar 1).



Gambar 1. Kondisi awal lokasi: kolam persegi panjang (kiri) dan kolam bundar yang dipilih untuk penerapan Recirculating Aquaculture System (RAS) (kanan).

Sebelum instalasi, dilakukan informal *group discussion* secara daring yang berfokus pada tiga topik: (i) prinsip dasar RAS (alur sirkulasi, fungsi filter mekanik–biologis, dan kebutuhan aerasi), (ii) SOP kualitas air & pakan (jadwal pemeriksaan suhu–DO–amonia, aturan pemberian pakan dan pencegahan *overfeeding*), serta (iii) protokol biosecurity (manajemen padatan, sanitasi peralatan, dan penanganan mortalitas). Sesi ini memastikan seluruh anggota memahami *why* sebelum *how*, sehingga saat praktik di lapangan mereka telah berbagi kerangka konseptual yang sama (Gambar 2).



Gambar 2. Penyuluhan/IGD daring: prinsip RAS, SOP kualitas air & pakan, serta biosecurity.

Sesudah pelatihan, tim dan mitra menyiapkan jalur pipa PVC dari kolam bundar menuju dua drum filter. Drum pertama diatur sebagai filter mekanik (penjebak padatan) dengan aliran masuk *tangensial* dan lapisan media kasar; drum kedua sebagai biofilter berisi media berpori untuk proses nitrifikasi. Air hasil biofilter dialirkan kembali ke kolam melalui *spray bar* untuk menambah oksigen terlarut. Setelah uji kebocoran & *priming* pompa, dilakukan aklimatisasi benih dalam plastik terapung (penyamaan suhu & kualitas air) lalu penebaran bertahap untuk mengurangi stres. Praktik ini sekaligus menginternalisasi SOP kepada operator harian (Gambar 3).



Gambar 3. Aklimatisasi dan penebaran benih lele dumbo pada kolam bundar–RAS.

Pada sisi *return line* dipasang rak aquaponik tipe *nutrient film technique* (NFT) yang menampung tanaman sayuran daun, berfungsi sebagai penyerap nitrat tahap akhir (*polishing*) sekaligus sebagai sarana literasi lingkungan bagi warga sekitar. Secara garis besar, aliran air bergerak dari kolam menuju filter mekanik, kemudian memasuki biofilter, selanjutnya dialirkan ke rak aquaponik, dan akhirnya kembali ke kolam. Integrasi komponen ini terbukti mampu menekan frekuensi penggantian air, mengurangi bau dan perubahan warna air, serta memperluas nilai tambah sistem melalui potensi panen sayuran (Gambar 4).



Gambar 4. Rak aquaponik terintegrasi dengan RAS untuk *polishing* nitrat dan edukasi lingkungan.

Foto detail menunjukkan drum filter berisi media berpori (mekanik & biofilter), *manifold* pipa dengan valve untuk *backwash*, serta konfigurasi *overflow* dan *spray bar* yang memastikan sirkulasi kontinu. Operator didampingi untuk menjalankan rutinitas: pembuangan padatan (*purging*) harian pada filter mekanik, *backwash* berkala, pemeriksaan DO dan suhu tiap pagi, serta pencatatan pakan. . Dengan alur ini, air kolam berputar melalui dua tahap pemurnian sebelum kembali ke kolam, sehingga padatan tersisih dan amonia terkonversi menjadi nitrat, fondasi kualitas air yang stabil (Gambar 5).



Gambar 5. Unit filtrasi RAS: (kiri) biofilter berisi media berpori; (tengah) jalur pipa & valve *purge*; (kanan) dua drum filter (mekanik & biologis) dan *return line* ke kolam.3.1 Implementasi lapangan (kronologi intervensi)

Implementasi lapangan (kronologi intervensi)

Berangkat dari temuan survei awal, tim mengimplementasikan Recirculating Aquaculture System (RAS) pada dua kolam bundar berdiameter sekitar 2 m milik Paguyuban Tambak Wedi. Satu kolam ditetapkan sebagai kontrol (P0) dengan pola pengelolaan konvensional berupa penggantian air parsial sekitar 5 hingga 10 persen per minggu, sedangkan satu kolam lainnya dijadikan perlakuan (P1) dengan sistem RAS yang memanfaatkan aliran masuk–keluar berputar, kombinasi filter mekanik dan biofilter, serta aerasi kontinu. Hari ke-0 dialokasikan untuk pembersihan kolam,

pemasangan jaringan pipa dan uji kebocoran, diikuti inokulasi bakteri nitrifikasi dan kalibrasi kit uji kualitas air.

Penebaran benih lele dumbo dilakukan setelah fase aklimatisasi, dengan padat tebar sekitar 20 ekor per meter kubik. Pakan komersial berkadar protein sekitar 30 persen diberikan tiga kali sehari pada pukul 07.00, 12.00, dan 16.00. Secara paralel, dilakukan pelatihan singkat di sisi kolam bagi anggota paguyuban yang mencakup cara membaca test kit TAN dan DO, teknik penyiponan dasar, prosedur backwash filter, serta pencatatan harian parameter dan kejadian operasional dalam logbook. Pendekatan ini memastikan bahwa instalasi fisik RAS langsung diikuti penguatan kapasitas operator di tingkat pembudidaya.

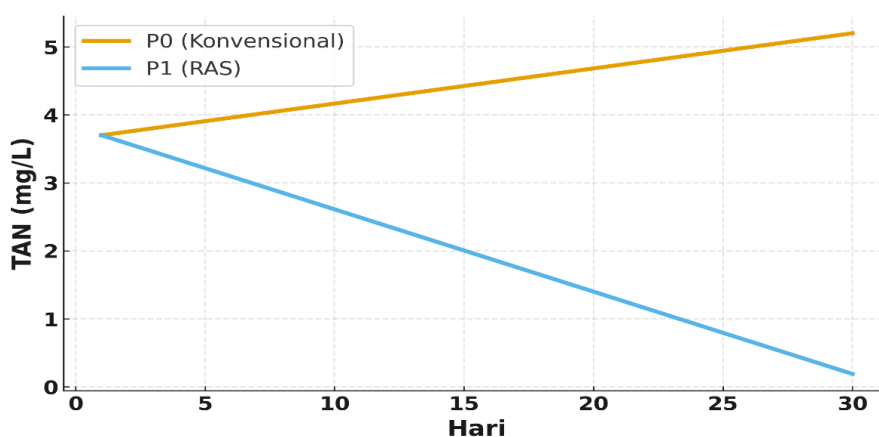
Kualitas air (suhu, DO, dan TAN)

Pada minggu pertama, suhu air di kedua kolam relatif seragam, yaitu sekitar $28,5 \pm 0,6$ °C, sehingga dapat diasumsikan bahwa kondisi termal awal antar perlakuan setara. Perbedaan mulai tampak jelas pada parameter oksigen terlarut. Kolam P1 konsisten mempertahankan DO pada kisaran sekitar $5,2 \pm 0,5$ mg/L, sedangkan P0 cenderung berada pada kisaran lebih rendah, yaitu sekitar $4,1 \pm 0,4$ mg/L, yang mencerminkan bahwa aerasi dan sirkulasi pada sistem RAS bekerja secara lebih stabil. Sejalan dengan itu, konsentrasi TAN di P1 terjaga pada nilai median sekitar 0,38 mg/L dengan puncak tidak lebih dari 0,55 mg/L, sementara P0 menunjukkan median sekitar 0,90 mg/L dengan puncak mendekati 1,20 mg/L.

Pola transisi harian yang ditampilkan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa P1 mampu mempertahankan TAN di bawah 0,5 mg/L selama kurang lebih 27 dari 30 hari pemeliharaan, sedangkan P0 melampaui ambang tersebut pada sekitar 18 dari 30 hari. Dengan kata lain, sejak RAS dioperasikan, lingkungan kimiawi kolam perlakuan menjadi lebih aman dan lebih dapat diprediksi bagi ikan, sehingga menyediakan landasan kualitas air yang lebih baik untuk mendukung respons biologis yang dilaporkan pada bagian berikutnya (Tabel 1; Gambar 6).

Tabel 1. Ringkasan parameter kualitas air harian (rata-rata dan rentang) P0 vs P1 (suhu, DO, TAN).

Parameter	P0_min	P0_max	P0_mean	P0_sd	P1_min	P1_max	P1_mean	P1_sd
DO	3,7	4,6	4,15	0,26	3,5	4,8	4,15	0,38
TAN	3,7	5,2	4,45	0,43	0,19	3,7	1,95	1,01
Suhu	27	29,5	28,25	0,72	27	28,5	27,75	0,43



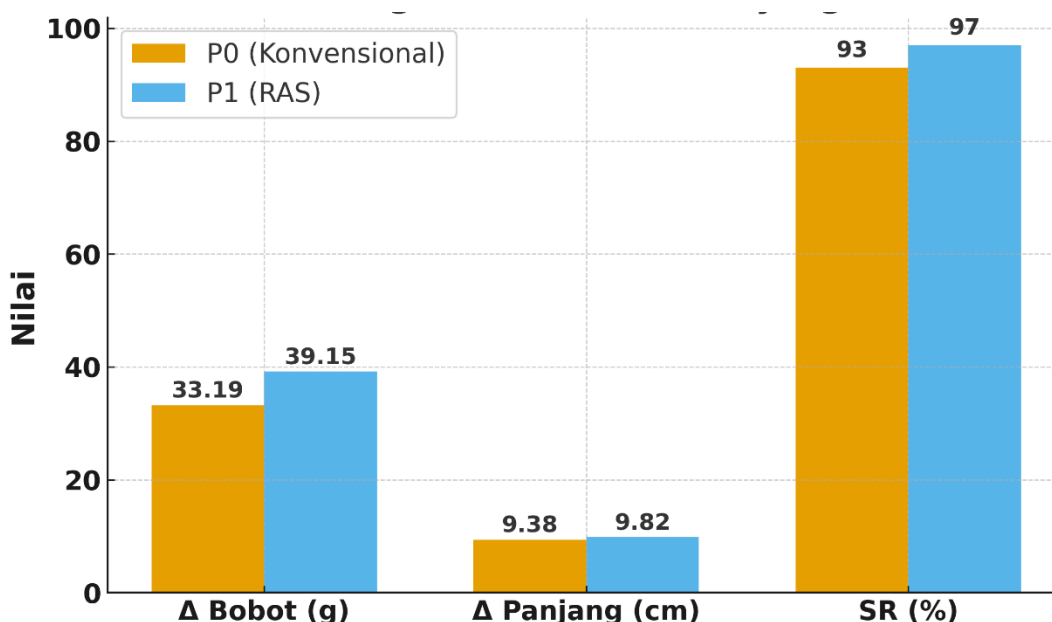
Gambar 6. Tren harian TAN (mg/L) P0 vs P1 (30 hari).

Pertumbuhan dan kelangsungan hidup

Setelah 30 hari pemeliharaan, pertumbuhan ikan pada kolam perlakuan menunjukkan pola yang lebih menguntungkan. Rata-rata pertambahan bobot di P1 mencapai sekitar 39,15 g dengan pertambahan panjang sekitar 9,82 cm, sedangkan di P0 masing-masing sekitar 33,19 g dan 9,38 cm. Keunggulan ini diikuti oleh *survival rate* (SR) yang lebih tinggi pada kolam RAS, yaitu sekitar 97 persen, dibandingkan dengan sekitar 93 persen pada kolam konvensional (Gambar 7). Dengan demikian, perpindahan dari kondisi lingkungan dengan oksigen terlarut lebih tinggi dan konsentrasi TAN lebih rendah menuju status biomassa dan kelangsungan hidup yang lebih baik tampak berlangsung selaras, mencerminkan urutan yang logis dari perbaikan kualitas lingkungan ke peningkatan performa ikan. Gambar 7 merangkum perbandingan pertambahan bobot, pertambahan panjang, dan SR pada akhir periode pemeliharaan.

Pakan dan efisiensi pemeliharaan

Sejalan dengan peningkatan performa pertumbuhan dan kelangsungan hidup, pemanfaatan pakan pada P1 juga menjadi lebih efisien. Perhitungan sederhana menunjukkan bahwa *feed conversion ratio* (FCR) pada P1 berada di kisaran sekitar 1,4, lebih baik dibandingkan P0 yang berada di sekitar 1,6. Rangkaian mikroproses yang mendasari pola ini relatif jelas. Kualitas air yang lebih stabil mendukung nafsu makan yang lebih konsisten; sisa pakan yang mengendap berkurang; dan pada gilirannya jumlah pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan kenaikan bobot ikan menjadi lebih rendah. Catatan operasional dalam Tabel 2 menegaskan bahwa praktik rutin seperti penyiponan residu organik dan *backwash* berkala pada filter berkontribusi mengurangi akumulasi bahan organik yang biasanya memicu peningkatan TAN dan penurunan efisiensi pemeliharaan.



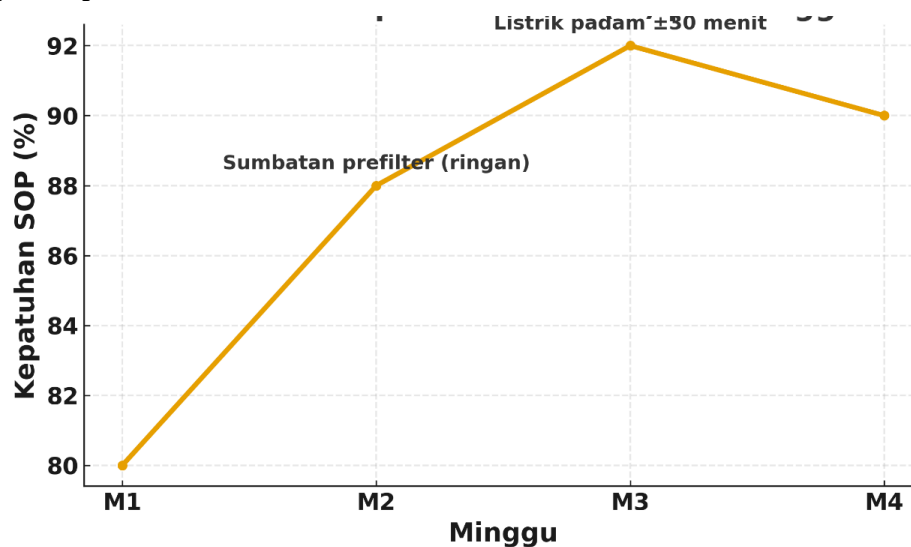
Gambar 7. Perbandingan Δ bobot (g), Δ panjang (cm), dan SR (%) antara P0 vs P1 pada hari ke-30.

Tabel 2. Hasil FCR

Item	P0	P1
Ikan awal (ekor)	63	63
SR (%)	93	97
Ikan hidup akhir (ekor)	59	61
Δ bobot/ekor (g)	33,19	39,15
Δ bobot total (kg)	1,96	2,39
Total pakan (kg)	3,13	3,34
FCR	1,6	1,4

Kepatuhan SOP dan kejadian operasional

Dari minggu ke minggu, kepatuhan terhadap *standard operating procedure* (SOP) harian menunjukkan tren peningkatan. Pelaksanaan pemeriksaan DO dan TAN, penyiponan titik kotor, *backwash* filter, dan pengecekan debit aliran yang semula berada pada kisaran sekitar 68 persen pada minggu pertama, meningkat hingga mencapai sekitar 92 persen pada minggu keempat. Seiring dengan membaiknya kepatuhan terhadap SOP, frekuensi kejadian operasional seperti air yang tampak keruh atau berbau, timbulnya busa di permukaan, serta penumpukan pakan di dasar kolam menurun tajam, terutama pada P1. Hal ini menunjukkan bahwa selain keberadaan teknologi RAS itu sendiri, disiplin dalam menerapkan prosedur operasional menjadi pengungkit penting dalam mempertahankan mutu air dan, pada akhirnya, kinerja ikan. Ringkasan hubungan antara tingkat kepatuhan dan kejadian operasional tersebut ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kepatuhan SOP (%) dan kejadian operasional per minggu sepanjang tiga bulan (ikon/marker untuk kejadian listrik, sumbatan, mortalitas).

Integrasi temuan kuantitatif–kualitatif

Jika seluruh temuan di atas disatukan, tampak suatu urutan yang konsisten. Implementasi lapangan yang tertib dan sesuai desain (Bagian 3.1) terlebih dahulu membentuk lingkungan fisik dan kimia yang lebih baik pada kolam perlakuan (Bagian 3.2). Lingkungan yang lebih stabil dan lebih aman bagi ikan kemudian diterjemahkan menjadi pertumbuhan dan SR yang lebih tinggi (Bagian 3.3). Peningkatan performa

biologis tersebut berdampak langsung pada penurunan nilai *FCR* dan perbaikan efisiensi pemanfaatan pakan (Bagian 3.4). Seluruh capaian ini dipertahankan dan diperkuat melalui peningkatan kepatuhan terhadap *SOP* dan penurunan kejadian operasional yang mengganggu (Bagian 3.5). Dengan triangulasi antara data kualitas air, respons biologis ikan, dan perilaku pemeliharaan, kontribusi *RAS* dalam program ini tidak hanya muncul sebagai “alat” atau perangkat teknis semata, tetapi sebagai sistem manajemen terpadu yang menyatukan rekayasa air, praktik budidaya harian, dan hasil produksi.

Batasan dan arah tindak lanjut

Temuan yang disajikan dalam studi ini berasal dari periode observasi selama 30 hari yang merepresentasikan fase pendederan atau pembesaran awal pada dua unit kolam. Verifikasi lintas siklus produksi hingga tahap panen penuh, serta penambahan jumlah unit kolam sebagai ulangan biologis, akan memperkuat estimasi *FCR*, biomassa akhir, dan variabilitas antar-siklus. Ke depan, penerapan uji statistik berpasangan dimungkinkan apabila tersedia skor *pre-post* numerik yang sepadan dan replikasi yang memadai, sehingga bobot inferensial dari temuan ini dapat ditingkatkan.

Di samping itu, penggunaan *logbook* digital harian yang merekam DO, TAN, suhu, mortalitas, intervensi umum, dan tindakan korektif akan memfasilitasi pengambilan keputusan operasional yang lebih cepat dan berbasis data. Pendekatan ini diharapkan mampu mengarahkan pengelolaan sistem *RAS* di tingkat pembudidaya kecil menuju praktik yang semakin presisi dan berkelanjutan.

PEMBAHASAN

Berdasarkan data studi ini, penerapan *recirculating aquaculture system (RAS)* pada kolam bundar yang diintegrasikan dengan rak *aquaponik* tipe *nutrient film technique (NFT)* sebagai unit *polishing* nitrat menghasilkan lingkungan pemeliharaan yang lebih stabil dibandingkan sistem konvensional. Rata-rata DO pada kolam perlakuan bertahan di sekitar $5,2 \pm 0,5$ mg/L, sedangkan kontrol hanya sekitar $4,1 \pm 0,4$ mg/L. Sebaliknya, TAN pada perlakuan turun nyata dengan median sekitar 0,38 mg/L (puncak $\leq 0,55$ mg/L) dibandingkan kontrol dengan median sekitar 0,90 mg/L dan puncak mendekati 1,20 mg/L. Pola ini konsisten dengan prinsip dasar *RAS*, yaitu penghilangan padatan tersuspensi, nitrifikasi oleh biofilter, serta oksigenasi yang memadai sehingga akumulasi NH_3 , NH_4^+ , dan NO_2^- dapat ditekan dan fluktuasi harian kualitas air menjadi lebih kecil (Timmons & Ebeling, 2013; Badiola *et al.*, 2012).

Integrasi komponen tanaman sebagai penyerap nitrat tahap akhir sejalan dengan pengembangan *RAS* di Eropa yang menggabungkan *constructed wetlands*, unit alga, atau sistem tanaman/hidroponik sebagai tahap *end-of-pipe* untuk menurunkan nutrisi terlarut secara lebih lanjut (Martins *et al.*, 2010; Rakocy, 2012). Dalam konteks ini, rak *aquaponik/NFT* bukan hanya berfungsi sebagai penyerap nitrat, tetapi juga memperkuat literasi lingkungan dan membuka peluang nilai tambah berupa panen sayuran pada ruang yang sama.

Jika dibandingkan dengan berbagai program pengabdian masyarakat (*PKM*) yang juga menerapkan *RAS* pada budidaya lele, pendekatan ini memperlihatkan beberapa dimensi pembeda. Pada Pokdakan Bintang Rosela Jaya di Lampung, *PKM* menekankan penerapan *RAS* dan, pada tahap yang lebih baru, integrasi teknologi *Internet of Things (IoT)* untuk pemantauan kualitas air dan kesehatan ikan, dengan



fokus utama pada penurunan amonia dan perbaikan manajemen pergantian air (Sarida *et al.*, 2025). Di Pokdakan ROI Lele di Kabupaten Malang, RAS diperkenalkan melalui paket pelatihan dan pendampingan kualitas air, terutama filtrasi dan sirkulasi, sebagai upaya mengurangi penurunan mutu air akibat penumpukan sisa pakan dan feses ikan (Yanuhar *et al.*, 2022).

Dibanding dua contoh tersebut, rancangan di Tambak Wedi bersifat lebih komprehensif karena menggabungkan siklus rekayasa air (*engineering loop RAS*), pembiasaan *SOP* operasional, dan integrasi rak *aquaponik* sebagai *side-stream* pemanfaatan nutrisi. Keunggulan pendekatan ini terletak pada stabilitas kualitas air harian yang dicapai, sekaligus transfer pengetahuan yang diinternalisasikan melalui praktik rutin, bukan sekadar sosialisasi satu arah. Di sisi lain, konsekuensi yang perlu diperhitungkan adalah kebutuhan energi dan pemeliharaan yang lebih tinggi, adanya *learning curve* bagi operator, serta tuntutan pencatatan yang rapi, yang juga tercatat sebagai tantangan umum RAS skala kecil-menengah di berbagai negara (Badiola *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2010). Implikasi praktisnya, RAS terintegrasi *aquaponik* berpotensi menjadi paket teknologi tepat guna untuk kawasan urban dan peri-urban yang terbatas air, dengan syarat *SOP* operasi dan kegiatan *monitoring* dijalankan secara disiplin sejalan dengan rekomendasi praktik terbaik yang dikemukakan Summerfelt & Vinci (2008).

Secara biologis, pola pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan mencerminkan pengaruh positif lingkungan yang lebih baik. Pada hari ke-30, pertambahan bobot di kolam perlakuan mencapai sekitar 39,15 g dibandingkan 33,19 g di kontrol, sedangkan pertambahan panjang berturut-turut sekitar 9,82 cm dan 9,38 cm. *Survival rate* pada P1 juga lebih tinggi, yaitu sekitar 97 persen dibandingkan 93 persen pada P0. Hasil ini selaras dengan literatur RAS yang menekankan bahwa lingkungan dengan DO tinggi dan beban nitrogen toksik rendah akan menurunkan stres fisiologis, menjaga nafsu makan, dan meningkatkan efisiensi metabolik, sehingga menghasilkan pertumbuhan dan *survival rate* yang lebih baik (Timmons & Ebeling, 2013).

Dari sisi efisiensi pakan, nilai *feed conversion ratio (FCR)* yang lebih rendah pada perlakuan (sekitar 1,4 dibandingkan 1,6 pada kontrol) konsisten dengan prinsip pengendalian padatan, nitrifikasi, dan kebersihan dasar kolam. Kombinasi penyiponan residu organik dan *backwash* berkala pada filter mengurangi akumulasi sisa pakan dan bahan organik lain yang berpotensi memicu kenaikan TAN dan menurunkan efisiensi pemanfaatan pakan. Meski demikian, *FCR* sangat sensitif terhadap praktik pemberian pakan harian, termasuk akurasi takaran, frekuensi, dan respon terhadap perilaku makan ikan. Oleh karena itu, keberadaan *logbook* dan pelatihan terkait *feeding precision* tetap penting untuk memastikan bahwa perbaikan *FCR* benar-benar mencerminkan pengelolaan yang lebih baik, bukan sekadar fluktuasi sesaat (Summerfelt & Vinci, 2008).

Dari perspektif metodologi, studi ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu dicermati secara kritis. Periode observasi selama 30 hari hanya mencakup fase pendederan atau pembesaran awal, sehingga belum menggambarkan dinamika penuh hingga panen. Selain itu, penggunaan dua kolam tanpa replikasi unit pada tiap perlakuan membatasi kekuatan inferensi statistik, terutama untuk membedakan efek RAS dari variabilitas antar unit. Pada tahap berikutnya, replikasi minimal tiga unit per kelompok atau penerapan desain *before-after with control* dengan pemantauan parameter tambahan, seperti NO_2^- , NO_3^- , *total suspended solids (TSS)*, dan pH, akan



memberikan dasar yang lebih kuat untuk penarikan kesimpulan kausal (Martins *et al.*, 2010; Badiola *et al.*, 2012).

Komponen *aquascape* edukatif untuk guru TK dan peserta didik, melalui *workshop* dan praktik langsung pembuatan media ekosistem air tawar, menambah dimensi sosial edukatif dari program ini. Temuan ini sejalan dengan pengalaman PKM *aquascape* yang melaporkan peningkatan kreativitas dan keterampilan peserta serta kemudahan adopsi karena pendekatan *hands-on* yang menyenangkan (Rosmawati *et al.*, 2023; Hariyadi & Andriawan, 2022). Ketika diintegrasikan dengan sistem RAS di kolam, strategi ini tidak hanya mentransfer teknologi budidaya, tetapi juga membangun kebiasaan operasional melalui SOP yang dipraktikkan secara rutin. Dengan demikian, mutu air, performa ikan, dan efisiensi biaya membentuk satu rantai perbaikan yang saling menguatkan dan berpotensi berkelanjutan.

KESIMPULAN

Program pengabdian yang memadukan pelatihan, instalasi, dan uji operasional RAS pada kolam bundar lele dumbo di Tambak Wedi menunjukkan bahwa stabilitas mutu air dapat dicapai secara konsisten pada perlakuan RAS dibandingkan pengelolaan konvensional. Hal ini tercermin dari nilai DO yang lebih tinggi dan TAN yang lebih rendah pada kolam perlakuan. Lingkungan yang lebih stabil tersebut diikuti oleh peningkatan pertumbuhan dan *survival rate* ikan, serta perbaikan FCR (P0 sekitar 1,6 dan P1 sekitar 1,4). Peningkatan kepatuhan terhadap SOP yang disertai penurunan kejadian operasional, seperti air keruh atau berbau dan penumpukan sisa pakan, menegaskan bahwa RAS efektif bukan hanya sebagai perangkat teknis, tetapi sebagai sistem manajemen terpadu yang menyatukan rekayasa air, perilaku operator, dan kinerja budidaya.

Keterbatasan utama studi ini, yaitu durasi pengamatan yang relatif singkat (30 hari) dan ketiadaan replikasi unit pada masing-masing perlakuan, perlu diatasi pada siklus berikutnya melalui penambahan jumlah kolam sebagai ulangan dan, bila memungkinkan, penerapan desain *before-after with control* disertai pemantauan parameter tambahan seperti nitrit, nitrat, TSS, dan pH. Penggunaan *logbook* harian yang sistematis akan mendukung pengambilan keputusan berbasis data dan memperkuat pembelajaran kolektif di tingkat pembudidaya. Secara keseluruhan, temuan ini mengindikasikan bahwa RAS terintegrasi *aquaponik* layak direplikasi pada konteks perkotaan dan peri-urban yang menghadapi keterbatasan air, dengan syarat SOP dijalankan secara disiplin dan mekanisme pencatatan mutu air serta performa produksi diterapkan secara konsisten. Pendekatan tersebut berpotensi mendukung keberlanjutan usaha budidaya lele skala kecil, sekaligus membuka ruang bagi inovasi edukatif dan peningkatan kesadaran lingkungan di komunitas sekitar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini dibiayai oleh Dana Rencana Kegiatan Anggaran Tahunan (RKAT) Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Tahun Anggaran 2020, sesuai Surat Keputusan Rektor Universitas Airlangga Nomor 532/UN3/2020 tanggal 1 Juli 2020 tentang Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Airlangga Tahun 2020. Penulis menyampaikan terima kasih kepada pimpinan Universitas Airlangga, Fakultas Perikanan dan Kelautan, serta seluruh unit terkait atas



dukungan penyelenggaraan kegiatan ini. Apresiasi yang tulus juga disampaikan kepada mitra dampingan, perangkat setempat, serta para pembudidaya dan pendidik yang berpartisipasi aktif dalam instalasi, pelatihan, dan pengambilan data, serta kepada rekan-rekan mahasiswa/relawan yang membantu pelaksanaan dan dokumentasi di lapangan. Saran dan masukan dari sejawat yang membantu penyempurnaan naskah ini juga kami hargai setinggi-tingginya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>
- Hariyadi, H., & Andriawan, S. (2022). Pelatihan aquascape untuk kelompok pemuda dan mahasiswa Muhammadiyah “Al Muflikhun” Jetak Lor Desa Mulyoagung. *Reswara: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 547–554. <https://doi.org/10.46576/rjpkm.v3i2.1915>
- Khodijah, D., Rachmawati, D., & Pinandoyo. (2015). Performa pertumbuhan benih ikan lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) dengan penambahan enzim papain dalam pakan buatan. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(2), 35–43.
- Kurniawan, A., Rachmawati, D., & Samidjan, I. (2017). Pengaruh substitusi silase tepung bulu dalam pakan buatan terhadap pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan benih ikan lele (*Clarias gariepinus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 6(2), 1–9.
- Lekang, O.-I. (2007). *Aquaculture engineering*. Blackwell Publishing.
- Oktavianawati, I., & Sulistiyo, Y. A. (2016). Pelatihan dan penerapan teknologi pembuatan pakan alternatif ikan lele pada kelompok petani ikan di Kecamatan Semboro, Kabupaten Jember. *Artikel pengabdian kepada masyarakat*, Universitas Jember.
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., Roque d’Orbcastel, E., & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>
- Rachmawati, D., Samidjan, I., Hutabarat, J., Windarto, S., & Nugroho, R. A. (2019). Performa efisiensi pakan dan pertumbuhan lele Sangkuriang. *Sains Akuakultur Tropis*, 3(2), 60–66.
- Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics: Integrating fish and plant culture in recirculating systems. In M. B. Timmons & J. M. Ebeling (Eds.), *Aquaculture production systems* (pp. 344–386). Wiley-Blackwell.
- Rosmawati, C., Ningsih, N. K., & Faridayani, F. (2023). Penerapan pembelajaran aquascape untuk meningkatkan kreativitas pada anak usia dini. *DHARMAKARYA: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, 12(4).



- Samsundari, S., & Wirawan, G. A. (2013). Analisis penerapan biofilter dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Gamma*, 8(2), 86–97.
- Sarida, M., Mufita, H., Hidayat, M. A., Alfina, R., Sulistiono, W. E., Setyawan, A., & Azizah, A. (2025). Utilizing Internet of Things (IoT) technology in recirculating aquaculture systems for enhancing water quality and health of catfish (*Clarias* sp.) at Pokdakan Bintang Rosela Jaya, Pringsewu. *Journal of Community Service and Society Empowerment*, 3(2), 229–237. <https://doi.org/10.59653/jcsse.v3i02.1788>
- Summerfelt, S. T., & Vinci, B. J. (2008). Better management practices for recirculating aquaculture systems. In C. S. Tucker & J. A. Hargreaves (Eds.), *Environmental best management practices for aquaculture* (pp. 389–426). Blackwell Publishing.
- Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2013). *Recirculating aquaculture* (3rd ed.). Cayuga Aqua Ventures.
- Yanuhar, U., Wuragil, D. K., Suryanto, H., Mufidah, R., Adhitya, D. S. T., Caesar, N. R., Pahlefi, R., & Wardani, N. P. (2022). PKM penerapan recirculating aquaculture system untuk pengelolaan air dan kesehatan ikan berkelanjutan di Pokdakan ROI Lele Kabupaten Malang. *Jurnal Pengabdian Pendidikan dan Teknologi*, 3(2), 159–165.

