

Analisis Efisiensi Pemanfaatan Lahan dan Air Pada Transformasi Sistem Budidaya Kolam Tanah ke *Recirculating Aquaculture System* (RAS)

Analysis of Land and Water Use Efficiency: Transforming Traditional Earthen Ponds into *Recirculating Aquaculture Systems* (RAS)

Yuli Andriani¹, Aisyah¹, Khalisa Muslimah²✉

¹Departemen Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran,

²Magister Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran,
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21, Cikeruh, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

✉correspondent author: khalisa22001@mail.unpad.ac.id

Abstrak

Sektor budidaya perikanan di Indonesia menghadapi tantangan besar berupa penyusutan lahan produktif dan penurunan kualitas air permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas transformasi sistem budidaya dari metode kolam tanah konvensional ke *Recirculating Aquaculture System* (RAS) melalui analisis komprehensif efisiensi pemanfaatan lahan dan air. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif melalui *systematic literature review* (SLR) dengan mengadaptasi pedoman PRISMA. Data sekunder diekstraksi dari 10 artikel ilmiah utama dalam rentang waktu 2016–2026. Hasil kajian menunjukkan bahwa teknologi RAS mampu melakukan intensifikasi padat tebar secara ekstrem hingga 2.000 ekor/m³, melampaui kolam tanah konvensional (± 100 ekor/m³). Sistem filtrasi pada RAS terbukti menjaga stabilitas kualitas air pada ambang optimal, dengan kadar amonia sangat rendah (<0,01 mg/L) dan oksigen terlarut tinggi (6,0–7,2 mg/L), yang mendorong Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) mencapai 2,68% dan menekan *Food Conversion Ratio* (FCR) menjadi 1,08. Secara ekonomi, meskipun RAS memiliki biaya investasi awal yang tinggi, sistem ini menunjukkan kelayakan jangka panjang dengan *Payback Period* di bawah 4 tahun pada skala komersial yang optimal. Kesimpulannya, transformasi menuju teknologi RAS merupakan solusi strategis yang lebih unggul secara teknis, biologis, maupun ekonomi, sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem melalui konsep *zero waste*.

Kata kunci: budidaya intensif, efisiensi lahan, kualitas air, kolam tanah, sistem resirkulasi

Abstract

The aquaculture sector in Indonesia faces significant challenges due to the reduction of productive land and the degradation of surface water quality. This study aims to evaluate the effectiveness of transforming conventional earthen pond cultivation systems into *Recirculating Aquaculture Systems* (RAS) through a comprehensive analysis of land and water use efficiency. The method employed is a quantitative and qualitative descriptive approach via *systematic literature review* (SLR), adapting the PRISMA guidelines. Secondary data were extracted from 10 primary scientific articles published between 2016 and 2026. The results indicate that RAS technology enables extreme intensification of stocking density up to 2,000 fish/m³, significantly outperforming conventional earthen ponds (± 100 fish/m³). The filtration system in RAS is proven to maintain optimal water quality stability, with very low ammonia levels (<0.01 mg/L) and high dissolved oxygen (6.0–7.2 mg/L). These conditions drive the Specific Growth Rate (SGR) to reach 2.68% and optimize the *Food Conversion Ratio* (FCR) to 1.08. Economically, despite high initial capital expenditure, RAS demonstrates long-term feasibility with a *Payback Period* of less than 4 years at an optimal commercial scale. In conclusion, the transformation to RAS technology is a strategic solution that offers superior technical, biological, and economic benefits, while ensuring ecosystem sustainability through a *zero-waste* concept.

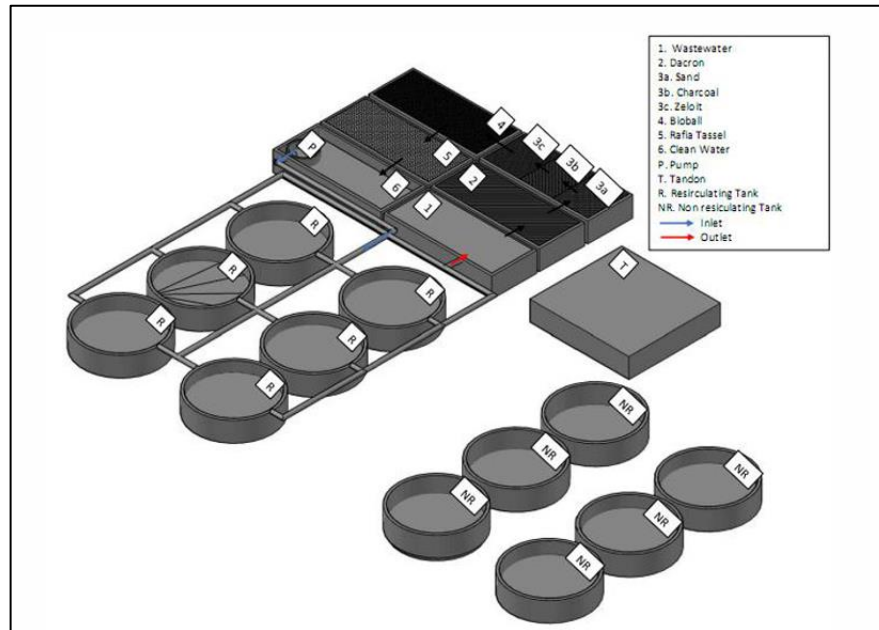
Keywords: earthen pond, intensive aquaculture, land efficiency, recirculating system, water quality

Pendahuluan

Sektor budidaya ikan memegang peranan penting dalam penyediaan sumber protein hewani bagi masyarakat Indonesia. Tingginya kebutuhan ini tercermin dari angka konsumsi ikan nasional yang terus meningkat, Dari data KKP (2025), rata-rata konsumsi ikan per kapita di Indonesia mencapai 26,08 kilogram/kapita/tahun, di atas rata-rata dunia sekitar 20 kilogram (Andriani dan Zaelani 2025). Namun, tantangan besar muncul pada metode budidaya tradisional yang selama ini diandalkan, di mana penggunaan lahan yang sangat luas dan ketergantungan tinggi pada ketersediaan sumber daya air menjadi kelemahan utama dalam pengembangannya.

Aspek kualitas air menjadi kunci utama karena air merupakan media esensial dalam distribusi pakan, ketersediaan oksigen, serta kelancaran proses metabolisme biota (Lembang dan Kuing 2021). Pada sistem konvensional, pengelolaan kualitas air ini menjadi sulit dilakukan karena keterbatasan kontrol teknologi dalam menetralkan limbah metabolisme secara mandiri. Akibatnya, untuk menjaga agar kualitas air tidak cepat memburuk, pembudidaya terpaksa membatasi padat tebar hanya di kisaran 100 ekor/ m³. Pembatasan ini secara langsung menyebabkan rendahnya efisiensi produksi dan membuat limbah budidaya yang dibuang ke lingkungan menjadi tidak terkendali (Prayogo *et al.* 2026). Permasalahan ini kian kompleks akibat minimnya inovasi karena pembudidaya cenderung mempertahankan metode turun-temurun, ditambah dengan fakta penurunan kualitas air permukaan yang kian mengancam stabilitas produksi (Andriani dan Zaelani 2025).

Recirculating Aquaculture System (RAS) hadir sebagai teknologi budidaya intensif yang mengedepankan sistem tertutup (*closed system*). Berdasarkan kajian Firdausi *et al.* (2024), RAS dirancang untuk memutar kembali air media budidaya melalui serangkaian unit pengolah air untuk menghilangkan limbah metabolik dan patogen. Berbeda dengan kolam tanah yang membutuhkan suplai air kontinu, RAS bekerja dengan meminimalisir penggantian air baru melalui integrasi komponen filtrasi yang menjaga air tetap jernih dan kaya oksigen secara kontinu (Lembang dan Kuing 2021).



Gambar 1. Perbedaan kolam dengan RAS dan non RAS/konvensional (Indriastuti *et al.* 2022)

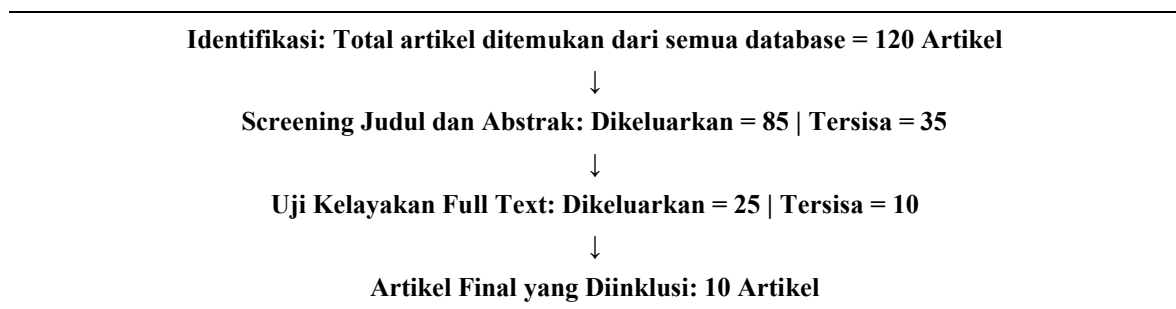
Transformasi dari sistem konvensional menuju RAS dipicu oleh beberapa faktor perubahan krusial. Faktor utama adalah penyusutan lahan produktif hingga 10% dalam satu dekade terakhir akibat ekspansi pemukiman (Andriani dan Zaelani 2025). Selain itu, penurunan kualitas sumber air permukaan dan perubahan iklim memaksa pembudidaya untuk beralih ke teknologi yang lebih adaptif dan efisien dalam penggunaan sumber daya. Transformasi ini menjanjikan lonjakan produktivitas melalui intensifikasi lahan dan percepatan siklus panen (Prayogo *et al.* 2026).

Aspek kualitas air menjadi tantangan utama saat budidaya dilakukan dalam kondisi padat tebar tinggi. Pada sistem konvensional, kepadatan tinggi sering kali berujung pada bencana karena air merupakan media distribusi pakan, sumber oksigen, serta tempat penumpukan limbah metabolisme (Lembang dan Kuing 2021). Tanpa teknologi filtrasi, akumulasi nitrogen anorganik dapat menyebabkan kematian massal. Sebaliknya, RAS mampu mengakomodasi padat tebar hingga 2 ekor/L dengan menjaga stabilitas oksigen terlarut (DO) tetap tinggi dan menekan kadar amonia (NH_3) melalui peran filter biologi, sehingga ikan tidak mengalami stres fisiologis meski dalam ruang yang terbatas (Prayogo *et al.* 2026). Atas dasar tersebut, kajian ini dilakukan untuk melakukan Analisis Komprehensif Efisiensi Pemanfaatan Lahan dan Air pada Transformasi Sistem Budidaya Kolam Tanah ke *Recirculating Aquaculture System* (RAS).

Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif melalui *systematic literature review* (SLR) dengan sintesis data sekunder secara deskriptif komparatif. Proses identifikasi, penyaringan, dan seleksi artikel mengadaptasi pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Literatur diperoleh dari Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, dan SINTA dalam rentang tahun 2016–2026 menggunakan kombinasi kata kunci "*Recirculating Aquaculture System*", "*earthen pond*", "*water quality*", "*land use efficiency*", "*aquaculture intensification*", dan kata kunci terkait lainnya dengan operator Boolean (AND/OR).

Tabel 1. PRISMA Flow Diagram



Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel ilmiah yang dipublikasikan pada periode 2016–2026; (2) membahas sistem budidaya RAS dan/atau kolam tanah; (3) menyajikan data kuantitatif mengenai parameter teknis, kualitas air, atau performa biologis; dan (4) tersedia dalam bentuk naskah lengkap (full text). Artikel yang bersifat duplikat, tidak menyajikan data kuantitatif, atau hanya berfokus pada desain alat tanpa hasil budidaya dikeluarkan dari analisis. Artikel utama yang memenuhi kriteria inklusi dan digunakan sebagai sumber analisis kuantitatif selanjutnya data disintesis dan dibandingkan secara deskriptif komparatif untuk mengevaluasi efisiensi sistem budidaya kolam tanah dan RAS.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik dan Batasan Sistem Budidaya Tradisional dan RAS

Analisis terhadap parameter teknis dan efektivitas sistem budidaya merupakan tahapan penting untuk mengukur sejauh mana keunggulan teknologi RAS dibandingkan metode konvensional. Perbandingan indikator utama yang meliputi kapasitas padat tebar, penggunaan lahan, efisiensi kebutuhan air, dan tingkat kelangsungan hidup (SR) disajikan secara rinci pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik dan Batasan Sistem Budidaya Tradisional dan RAS

Parameter	Kolam Tanah (Konvensional)	Sistem RAS (Modern)	Keterangan / Hasil	Sumber Data
Padat Tebar	± 100 ekor/m ³	2.000 ekor/m ³	RAS mampu melakukan intensifikasi kepadatan hingga 20 kali lipat di area yang sama.	Prayogo <i>et al.</i> (2026); Junaidi <i>et al.</i> (2022)
Penggunaan Lahan	Ekstensif (Membutuhkan lahan terbuka yang luas)	Intensif (Hemat lahan/Bisa vertikal)	Penggunaan wadah seperti bak bulat sangat cocok untuk daerah perkotaan yang minim lahan.	Firdausi <i>et al.</i> (2024); Andriani dan Zaelani (2025)
Kebutuhan Air	Tinggi (Bergantung debit dari alam)	Sangat Rendah (Hingga 90% air diputar kembali)	Sangat efisien diterapkan di daerah rawan krisis air bersih.	Andriani dan Zaelani (2025)
Kelangsungan Hidup (SR)	89,93% – 90,10%	90,30% – 91,03%	Risiko kematian (<i>mortalitas</i>) ikan akibat penyakit dan stres lingkungan sangat rendah di sistem RAS.	Prayogo <i>et al.</i> (2026); Indriastuti <i>et al.</i> (2022)

Berdasarkan data pada Tabel 2, transformasi dari sistem budidaya kolam tanah ke RAS menghasilkan lompatan efisiensi lahan dan ruang yang sangat kontras. Sistem konvensional selama ini terbentur keterbatasan daya dukung alami lingkungan, sehingga padat tebar hanya mampu mencapai ± 100 ekor/m³ (Prayogo *et al.* 2026). Sebaliknya, inovasi pada sistem RAS memungkinkan dilakukannya intensifikasi yang tinggi hingga mampu memperoleh kepadatan 2.000 ekor/m³ (Junaidi *et al.* 2022).

Lonjakan kapasitas yang mencapai 20 kali lipat pada volume air yang sama ini membuktikan bahwa RAS adalah pendekatan yang efektif untuk menjawab tantangan menyusutnya lahan produktif akibat ekspansi pemukiman (Andriani dan Zaelani 2025). Menurut Firdausi *et al.* (2024), dengan penggunaan wadah yang lebih ringkas dan terkontrol, seperti bak bulat berdiameter 2-3 meter, pembudidaya kini bisa memanen hasil yang jauh lebih melimpah di area sempit dibandingkan harus bergantung pada kolam tanah yang ekstensif.

Keunggulan sistem RAS juga tercermin pada stabilitas performa biologis ikan. Meskipun budidaya dilakukan dalam kepadatan yang sangat tinggi, sistem RAS mampu mempertahankan tingkat kelangsungan hidup (SR) di angka yang sangat optimal, yakni 90,30% – 91,03%. Angka ini sedikit lebih unggul dan jauh lebih stabil dibandingkan kolam tanah yang berada pada rentang 89,93% – 90,10% (Indriastuti *et al.* 2022). Hal ini menjelaskan bahwa risiko mortalitas akibat penyakit dan stres lingkungan eksternal dapat diminimalisir secara efektif pada sistem tertutup (Prayogo *et al.* 2026). Selain itu, hasil penelitian Firdausi *et al.* (2024) menunjukkan bahwa laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) pada

sistem RAS mencapai angka 2,68%, jauh mengungguli metode konvensional yang hanya mencatatkan angka 1,60%.

Dinamika Kualitas Air dan Performa Biologis

Keberhasilan sistem budidaya sangat bergantung pada stabilitas kondisi media pemeliharaan. Parameter kualitas air merupakan faktor pembatas utama dalam akuakultur, karena ketidaksesuaian kondisi perairan dapat memicu gangguan fisiologis dan stres pada organisme akuatik (Nasuki *et al.*, 2024). Perbandingan fluktuasi parameter kualitas air pada kolam tanah konvensional dan sistem RAS, beserta kesesuaiannya dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), disajikan secara rinci pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbandingan Kualitas Air dan Kondisi Media Budidaya

Parameter Kualitas Air	Kolam Tanah (Tanpa Filter)	Sistem RAS (Dengan Filter)	Standar Optimal (SNI 7772:2014 / SNI 7550:2009)	Sumber Data
Suhu Perairan	31,2°C (Cenderung fluktuatif mengikuti cuaca)	28,5°C - 29,7°C (Lebih stabil)	25°C - 30°C	Lembang dan Kuing (2021); Cahyanti dan Awalina (2022)
Derajat Keasaman (pH)	7,6 - 8,2 (Cenderung basa)	7,1 - 7,4 (Cenderung netral)	6,5 - 8,5	Lembang dan Kuing (2021)
Oksigen Terlarut (DO)	4,8 mg/L (Rendah, rawan drop di malam hari)	6,0 - 7,2 mg/L (Tinggi dan stabil)	> 5 mg/L	Firdausi <i>et al.</i> (2024); Lembang dan Kuing (2021)
Amonia (NH ₃)	0,5 - 1,0 mg/L (Berbahaya/Toksik)	< 0,01 mg/L (berada pada kisaran aman)	< 0,02 mg/L	Firdausi <i>et al.</i> (2024); Kristina <i>et al.</i> (2023)

Berdasarkan hasil pada Tabel 3, terlihat perbedaan antara kondisi media budidaya pada kolam tanah tanpa filter dibandingkan dengan sistem tertutup RAS. Suhu perairan pada kolam tanah cenderung fluktuatif karena pengaruh cuaca lokal, yang mana angkanya dapat mencapai 31,2°C (Lembang dan Kuing 2021). Angka ini berada di atas ambang batas standar optimal SNI (25°C – 30°C). Sebaliknya, sistem RAS terbukti mampu menjaga kestabilan suhu di kisaran 28,5°C – 29,7°C. Stabilitas ini sangat krusial karena suhu yang terlalu tinggi dapat meningkatkan laju metabolisme ikan secara berlebihan yang berdampak langsung pada penurunan kadar oksigen terlarut (Cahyanti dan Awalina 2022).

Kondisi tersebut terkonfirmasi pada data Oksigen Terlarut (DO), di mana kolam tanah memiliki kadar yang rendah dan rawan *drop* (4,8 mg/L), berada di bawah standar minimal kelayakan (>5 mg/L). Sementara itu, sistem RAS mampu mempertahankan DO di level tinggi dan stabil yakni 6,0 – 7,2 mg/L, sangat sesuai dengan standar kebutuhan ikan koi maupun lele untuk tumbuh secara maksimal (Firdausi *et al.* 2024; Lembang dan Kuing 2021).

Keunggulan sistem filtrasi pada RAS juga terlihat jelas pada pengelolaan derajat keasaman (pH) dan kadar amonia (Kristina *et al.* 2023). Nilai pH pada kolam tanah cenderung basa (7,6 – 8,2), sedangkan RAS mampu menetralkannya ke rentang optimal 7,1 – 7,4. Menurut Syahputra *et al.* (2022), kondisi lingkungan yang netral dan jernih berkat filter mekanis dapat meminimalkan akumulasi bahan organik berbahaya. Poin yang paling krusial adalah pengendalian amonia (NH₃), di mana pada kolam tanah kadarnya dapat mencapai 0,5 – 1,0 mg/L yang bersifat sangat toksik bagi ikan. Melalui integrasi filter biologi dan kimia (seperti zeolit dan karbon aktif), sistem RAS secara efektif menekan kadar amonia hingga <0,01 mg/L, jauh di bawah standar maksimal SNI (<0,02 mg/L), sehingga menciptakan lingkungan hidup yang sangat aman (Firdausi *et al.* 2024).

Lingkungan yang sangat terkontrol dan terstandarisasi ini memberikan dukungan penuh bagi metabolisme ikan. Energi yang diperoleh dari pakan dapat dialokasikan sepenuhnya untuk pertumbuhan jaringan otot (daging), alih-alih dihabiskan untuk beradaptasi dengan stres lingkungan. Secara keseluruhan, optimalisasi kualitas air melalui teknologi RAS ini menjadi landasan utama bagi tercapainya performa biologis yang lebih unggul dibandingkan metode konvensional.

Analisis Hasil Panen dan Dampak Lingkungan

Transformasi menuju teknologi RAS terbukti tidak hanya mengoptimalkan input teknis, tetapi juga memberikan keunggulan kompetitif pada output hasil panen dan pengelolaan dampak lingkungan. Evaluasi terhadap parameter hasil panen, efisiensi pakan, serta aspek keberlanjutan antara sistem konvensional dan modern disajikan pada Tabel 4 sebagai dasar analisis kelayakan usaha dan lingkungan.

Tabel 4. Analisis Hasil Panen dan Dampak Lingkungan Budidaya

Parameter Hasil dan Lingkungan	Kolam Tanah	Sistem RAS	Keterangan/Hasil	Sumber Data
Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)	1,60%	2,68%	Laju pertumbuhan harian ikan lebih cepat di RAS karena kondisi lingkungan tidak membuat ikan stres.	Indriastuti <i>et al.</i> (2022); Firdausi <i>et al.</i> (2024)
Rasio Konversi Pakan (FCR)	1,3 (Boros)	1,08 (Hemat)	Nutrisi pakan pada RAS terserap lebih maksimal menjadi daging, menekan biaya operasional pembudidaya.	Firdausi <i>et al.</i> (2024)
Estimasi Masa Budidaya (Berdasarkan SGR)	3,5 - 4 bulan	2,5 - 3 bulan	Siklus perputaran modal (<i>cash flow</i>) pembudidaya RAS lebih cepat panen.	Rusjdi <i>et al.</i> (2024); Indriastuti <i>et al.</i> (2022)

Parameter Hasil dan Lingkungan	Kolam Tanah	Sistem RAS	Keterangan/Hasil	Sumber Data
Dampak Limbah (Lingkungan)	Dibuang langsung ke perairan umum (sungai/selokan)	Disaring oleh filter biologis dan mekanis (<i>Bio-sludge</i>)	RAS mendukung konsep <i>Zero Waste</i> dan meminimalkan pencemaran ekosistem sekitar.	Andriani dan Zaelani (2025); Musimah dan Junianto (2026)
Manajemen Penyakit (Biosekuriti)	Sulit dikontrol (Sistem terbuka)	Mudah dimonitoring (Sistem tertutup)	RAS berkontribusi terhadap keamanan pangan (<i>Food Safety</i>) yang lebih terstandarisasi.	Widodo <i>et al.</i> (2024); Indriastuti <i>et al.</i> (2022)

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4, terdapat perbedaan produktivitas dan dampak lingkungan yang signifikan antara kedua sistem. Nilai-nilai produktivitas dan durasi pemeliharaan dalam pembahasan ini merupakan hasil analisis deskriptif yang diekstrapolasi dari data primer literatur rujukan. Angka estimasi hasil panen sebesar 10 – 15 kg/m² pada sistem konvensional didasarkan pada perhitungan standar padat tebar kolam tanah (± 100 ekor/m²) dengan target bobot konsumsi 100–150 gram per ekor. Sebaliknya, proyeksi hasil panen RAS mencapai 40–60 kg/m³, peningkatan yang berkorelasi linear dengan efisiensi penggunaan ruang yang jauh lebih optimal (Prayogo *et al.*, 2026).

Keunggulan sistem ini juga terlihat pada percepatan siklus perputaran modal (*cash flow*). Terkait efisiensi waktu, durasi panen 2,5–3 bulan pada sistem RAS didukung oleh Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) yang lebih stabil. Meskipun dalam kepadatan tinggi, kondisi lingkungan yang terkontrol memungkinkan SGR mencapai angka optimal 2,68% per hari (Firdausi *et al.*, 2024), yang secara matematis memangkas waktu pemeliharaan hingga 1 bulan lebih cepat dibandingkan metode kolam tanah tradisional yang membutuhkan waktu hingga 4 bulan.

Dari aspek ekonomi, nilai *Food Conversion Ratio* (FCR) pada sistem RAS yang berada di angka 1,08 menunjukkan tingkat efisiensi pakan yang jauh lebih hemat dibandingkan kolam tanah (1,3). Hal ini membuktikan bahwa nutrisi pakan pada sistem tertutup terserap lebih maksimal menjadi daging, sehingga mampu menekan beban operasional pakan yang merupakan komponen biaya terbesar (Firdausi *et al.* 2024). Analisis finansial lebih lanjut menunjukkan bahwa meskipun biaya instalasi atau modal awal (*Capital Expenditure*) pada RAS sangat padat, di mana komponen ini menyumbang porsi besar dari total biaya produksi, sistem ini tetap menawarkan kelayakan ekonomi pada skala yang tepat (Engle *et al.* 2020). Fasilitas RAS dengan skala komersial yang optimal terbukti dapat mencapai *Payback Period* yang relatif singkat, yakni kurang dari 4 tahun (Mohammad *et al.*, 2018). Selain itu, pencapaian *Break-Even Point* (BEP) pada sistem RAS sangat bergantung pada optimalisasi hasil panen; peningkatan kuantitas biomassa yang dipanen per meter kubik

akan secara langsung menurunkan biaya kapital dan operasional per kilogram ikan yang diproduksi untuk mengimbangi tingginya investasi awal (Engle 2023).

Terakhir, dari aspek keberlanjutan dan biosekuriti, RAS menawarkan standar keamanan pangan (*food safety*) yang lebih tinggi. Sistem kolam tanah memiliki risiko penyakit yang lebih besar karena terpapar langsung oleh lingkungan luar yang sulit dikontrol (Munaeni *et al.*, 2024). Sebaliknya, RAS beroperasi sebagai sistem tertutup yang memudahkan pemantauan kesehatan ikan (Widodo *et al.*, 2024). Implementasi RAS juga mengusung konsep *zero waste*; limbah budidaya tidak dibuang langsung ke badan air, melainkan disaring melalui filter mekanis dan biologis untuk dimanfaatkan kembali sebagai *bio-sludge* atau pupuk organik (Musimah dan Junianto, 2026). Penerapan teknologi ini menjadi langkah strategis bagi pembudidaya untuk meningkatkan pendapatan sekaligus menjaga kelestarian ekosistem perairan.

Simpulan

Transformasi budidaya ikan dari sistem kolam tanah konvensional menuju *Recirculating Aquaculture System* (RAS) merupakan langkah strategis untuk menjawab tantangan degradasi lahan dan krisis air dalam sektor akuakultur nasional. Berdasarkan hasil sintesis data literatur, teknologi RAS menunjukkan keunggulan komparatif yang signifikan dibandingkan sistem konvensional dalam tiga aspek utama: efisiensi teknis, keberlanjutan lingkungan, dan kelayakan ekonomi. Secara teknis, RAS mampu meningkatkan intensitas padat tebar hingga 20 kali lipat (2.000 ekor/m³), yang berkorelasi positif dengan peningkatan Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) mencapai 2,68% dan efisiensi konversi pakan (FCR) yang lebih hemat (1,08). Optimalisasi kualitas air melalui filtrasi bertingkat terbukti menjaga parameter lingkungan (suhu, pH, DO, dan amonia) dalam rentang optimal sesuai standar SNI, sehingga memangkas siklus budidaya menjadi 2,5–3 bulan.

Dari sisi keberlanjutan lingkungan, implementasi sistem tertutup pada RAS berhasil menerapkan prinsip *zero waste* melalui pemanfaatan limbah padat (*bio-sludge*) dan daur ulang air hingga 90%, yang meminimalkan dampak pencemaran terhadap ekosistem perairan umum. Terakhir, secara ekonomi, meskipun RAS memerlukan investasi awal (*Capital Expenditure*) yang lebih tinggi, teknologi ini menawarkan kelayakan jangka panjang di mana skala komersial yang optimal mampu mencapai *Payback Period* di bawah 4 tahun, dengan peningkatan produktivitas biomassa yang mampu menekan biaya produksi per kilogram ikan untuk mengimbangi tingginya investasi awal. Dengan demikian, RAS bukan sekadar inovasi teknis, melainkan model bisnis budidaya berkelanjutan yang lebih unggul secara teknis,

biologis, maupun ekonomi, sehingga percepatan adopsi teknologi ini melalui pendampingan teknis sangat krusial untuk memperkuat ketahanan pangan nasional.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran atas dukungan akademik dalam penyusunan kajian ini. Ucapan terima kasih dan apresiasi yang setinggi-tingginya disampaikan kepada Rektor Universitas Padjadjaran atas penyediaan sarana penelusuran pustaka yang sangat memadai, sehingga kebutuhan informasi dan literatur ilmiah untuk artikel *review* ini dapat terpenuhi dengan baik. Selain itu, apresiasi juga ditujukan kepada para peneliti dari penelitian terdahulu yang artikel ilmiahnya menjadi sumber data utama dalam analisis ini. Kontribusi data sekunder mengenai efektivitas teknologi RAS dan komparasi sistem budidaya konvensional dari penelitian-penelitian tersebut telah menjadi landasan krusial bagi keberhasilan sintesis dalam kajian ini.

Daftar Pustaka

- Andriani, Y., dan Zaelani, A. 2025. Sosialisasi penerapan budidaya ikan sistem resirkulasi sebagai solusi keterbatasan lahan dan sumber daya air di Kecamatan Situraja dan Cisitu. *Jurnal Abdi Insani*, 12(6), 2746-2758.
- Cahyanti, Y., dan Awalina, I. 2022. Studi literatur: Pengaruh suhu terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 2(4), 224-235.
- Engle, C. R., Kumar, G., dan van Senten, J. 2020. Cost drivers and profitability of U.S. pond, raceway, and RAS aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(4), 847-873.
- Engle, C. R. 2023. The economics of recirculating aquaculture systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(4), 782-785.
- Mohammad, T., Moulick, S., dan Mukherjee, C. K. 2018. Economic feasibility of goldfish (*Carassius auratus* Linn.) recirculating aquaculture system. *Aquaculture Research*, 49(9), 1-9.
- Firdausi, A. P., Indriastuti, C. E., Kusumanti, I., Ramadhani, D. E., Tunisa, R. A., Maulana, A. Z. A., Samita, G. A. T., Rizky, M. F. A., Wiyoto, W., Adycha, P. A., dan Ihsan, M. F. M. 2024. Efektivitas budidaya ikan lele dengan Recirculating Aquaculture System (RAS) di Sujafish Farm, Kecamatan Cikole, Kota Sukabumi. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 11(1), 1-12.
- Hasibuan, S., Syafridiman, S., Nuraini, N., Nasution, S., dan Darfia, N. E. 2021. Pengapuran dan pemupukan untuk meningkatkan kualitas air kolam budidaya di Rumbai Bukit Kecamatan Rumbai Pekanbaru. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 27(4), 293-300.
- Indriastuti, C. E., Ratnawati, B., dan Budiharto, I. W. 2022. Survival and growth performance the catfish *Clarias gariepinus* in high density nurseries using recirculating aquaculture system (RAS). *E3S Web of Conferences*, 348, 00013.

- Junaidi, M., Cokrowati, N., dan Abidin, Z. 2022. Penerapan teknologi recirculating aquaculture system (RAS) pada pembenihan ikan. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(1), 1-5.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2025. Konsumsi Ikan Masyarakat. <https://statistik.kkp.go.id/home/konsumsi>. Diakses pada 17 April 2026.
- Kristina, T., Assiddiqi, T. D., Setiawan, B. I., Arif, C., dan Kurniawan, A. 2023. Kinerja unit dan isoterm adsorpsi filtrasi multimedia pada sistem resirkulasi akuakultur ikan hias berdasarkan variasi ketebalan media dan debit aliran. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 933-945.
- Lembang, M. S., dan Kuing, L. 2021. Efektivitas pemanfaatan sistem resirkulasi akuakultur (RAS) terhadap kualitas air dalam budidaya ikan koi (*Cyprinus rubrofasciatus*). *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 12(2), 105-112.
- Mahargyo, D. P., Waluyo, B. P., Prayoto, P., Rahardjo, S., Wartini, S., Supriyadi, B., dan Widyastuti, R. 2025. Optimasi budi daya ikan nila menggunakan recirculating aquaculture system (RAS) di kolam terpal bundar: analisis kelayakan terhadap pendederan. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 15(2), 187-196.
- Muarif, Y., Wahyudin, D., Merdekawati, M., Mulyana, M., dan Mumpuni, F. S. 2020. Survival rate and feed conversion ratio in different systems. *Proceedings of the International Seminar on Promoting Local Resources for Sustainable Agriculture and Development* (pp. 50-55). Atlantis Press.
- Munaeni, W., Agam, B., Tarigan, N., Hamka, M. S., Saridu, S. A., Huda, M. A., Purnamasari, T., Rumondang, A., Septiana, S., Setyono, B. D. H., Sumiarsih, S., Nurhayati, D., dan Irawan, H. 2024. *Teknologi akuakultur*. PT. Kamiya Jaya Aquatic.
- Muslimah, K., dan Junianto. 2026. *Transformasi Limbah Dari Sisa Menjadi Solusi: Filtrasi dan Penjernih Kualitas Air*. Mafy Media Literasi Indonesia, Solok.
- Nasuki, M. C., Almaniar, S., Rahmadiyah, T., Mulyani, R., Dwinhoven, I., Humairani, H., Yusanti, I. A., Khatimah, K., dan Mulyadin, A. 2024. *Kualitas air budidaya ikan*. ResearchGate.
- Prayogo, P., Suciyo, S., Budi, D. S., Maulana, M. H., dan Prayogo, A. M. 2026. Peningkatan produksi budidaya ikan lele melalui penerapan teknologi recirculating aquaculture system. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 7(1), 190-200.
- Puluhulawa, R. 2025. Tingkat konsumsi oksigen dan pertumbuhan ikan koi (*Cyprinus rubrofasciatus*) yang dibudidayakan dalam sistem resirkulasi dengan variasi media filter. *Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan*, 5(1), 104-115.
- Rusjdi, H., Putra, R. P., Hendri, H., Sulisty, E., Wahyuningsih, U., Sany, N., Alfalah, W., Emilia, E., dan Hasanudin, M. 2024. Budidaya ikan lele dengan metode recirculating aquaculture system dipesantren Madarijul Muhtadien untuk mewujudkan kemandirian ekonomi. *Jurnal Pengabdian Sosial*, 1(10), 1594-1601.
- Syahputra, B., Soedarsono, S., dan Poedjistoeti, H. 2022. *Buku ajar perancangan bangunan pengolahan air minum*. Sultan Agung Press.
- Widodo, E., Sambah, A. B., Widodo, C. S., Ardiarini, N. R., dan Rachmawati, R. 2024. *Peternakan ikan modern dengan teknologi RAS*. UB Press.