



Optimasi Kepadatan Benih Kerapu (*Epinephelus coioides*) Dalam Sistem Resirkulasi Terhadap Pertumbuhan, Kelangsungan Hidup Dan Efisiensi Pakan

*Optimization of Grouper (*Epinephelus coioides*) Seed Density in a Recirculating System for Growth, Survival Rate, and Feed Efficiency*

Agus Putra As^{1*}, Muslimatus Sakdiah^{2*}, Pebry Aisyah Putri Batubara¹, Adnan Achmad³

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Samudra, Langsa Indonesia

²Dinas Pangan Pertanian Kelautan dan Perikanan, Kota Langsa, Indonesia

³Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Samudra, Langsa Indonesia

Article Information

Revised : 03/11/2025

Accepted : 09/11/2025

Published : 01/06/2026

Keywords

Aquaculture,
Feed efficiency,
Growth,
Recirculating aquaculture system,
Stocking density

Correspondence

Agus Putra As
agus.putra.samad@gmail.com

Abstract

Recirculating Aquaculture Systems (RAS) are an important innovation in the development of sustainable aquaculture, enabling the management of high stocking densities in controlled environments. This study aimed to evaluate the effect of different stocking densities of grouper (*Epinephelus coioides*) seedlings on growth performance, feed efficiency, survival rate, and water quality in a RAS. In this study, grouper juveniles (9.4 ± 0.54 cm and 14.22 ± 0.67 g) were reared in 100-liter aquaria and cultured for 70 days. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) with three stocking density treatments (15, 20, and 25 fish/aquarium), each with three replicates. Observed parameters included total length, total weight, Weight Gain (WG), Specific Growth Rate (SGR), condition factor (K), Feed Intake (FI), Feed Conversion Ratio (FCR), Feed Efficiency Ratio (FER), water quality (salinity, dissolved oxygen, temperature, pH), and Survival Rate. The results showed that increasing the stocking density up to 25% produced the best growth performance and feed efficiency (WG 574%, SGR 2.72%/day, FCR 1.32, FER 0.76) without reducing the survival rate (SR 100%). Water quality remained within optimal ranges, although slight decreases in dissolved oxygen and pH were observed. Therefore, the RAS was proven to effectively and sustainably support high-density grouper aquaculture.

PENDAHULUAN

Akuakultur telah menjadi sektor strategis dalam memenuhi kebutuhan protein hewani dunia, seiring meningkatnya permintaan pangan global (Samad *et al.*, 2025; Junita *et al.*, 2024; FAO, 2022). Namun, pertumbuhan industri ini menghadapi tantangan serius, khususnya terkait keterbatasan lahan, degradasi lingkungan, dan kebutuhan efisiensi sumber daya air. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sistem resirkulasi akuakultur atau *Recirculating Aquaculture System* (RAS) menjadi salah satu solusi inovatif yang semakin banyak diterapkan (Agus *et al.*, 2020; Badiola *et al.*, 2018; Samad *et al.*, 2014).

Sistem RAS memungkinkan penggunaan air secara efisien melalui filtrasi dan resirkulasi, sehingga mampu mengurangi limbah, mengontrol kualitas air, serta meningkatkan produktivitas budidaya dalam ruang terbatas (Poltak *et al.*, 2023; Jamil *et al.*, 2022; Blancheton *et al.*, 2013). Selain itu, RAS juga menawarkan keunggulan dalam mempertahankan parameter lingkungan

yang stabil, seperti suhu, oksigen terlarut, dan pH, yang esensial bagi kesehatan dan pertumbuhan ikan (Davidson *et al.*, 2016; De Swaef *et al.*, 2019).

Dalam budidaya berbasis *RAS*, salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan adalah kepadatan tebar (*stocking density*). Kepadatan yang terlalu rendah dapat menyebabkan inefisiensi penggunaan fasilitas, sedangkan kepadatan yang terlalu tinggi berisiko menurunkan kualitas air dan memicu stres pada ikan, yang akhirnya berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup (As *et al.*, 2021; Sihite *et al.*, 2020; Santoso *et al.*, 2013). Oleh karena itu, menentukan kepadatan optimal menjadi krusial untuk mencapai keseimbangan antara produktivitas dan kesejahteraan ikan.

Ikan kerapu (*Epinephelus coioides*) merupakan salah satu komoditas perikanan bernilai ekonomi tinggi di kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Permintaan pasar terhadap kerapu terus meningkat, mendorong perlunya pengembangan teknologi budidaya yang lebih intensif dan efisien. Sebagai spesies yang memiliki potensi pertumbuhan cepat dan toleransi terhadap lingkungan budidaya, kerapu menjadi kandidat ideal untuk dikembangkan dalam sistem *RAS*. Namun, informasi mengenai respon kerapu terhadap variasi kepadatan dalam sistem *RAS* masih terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh tingkat kepadatan benih kerapu (*Epinephelus coioides*) dalam sistem resirkulasi terhadap performa pertumbuhan, efisiensi pakan, kelangsungan hidup, dan kualitas air. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam mengoptimalkan produksi kerapu berbasis teknologi *RAS*, sekaligus memperkaya literatur terkait manajemen kepadatan dalam sistem budidaya intensif.

METODOLOGI PENELITIAN

Persiapan Ikan Uji

Benih kerapu (*Epinephelus coioides*) yang digunakan dalam penelitian ini berukuran panjang 9.4 ± 0.54 cm dan berat $14,22 \pm 0,67$ gram, dan dipelihara dalam akuarium berkapasitas 100 liter selama 70 hari. Benih tersebut diperoleh dari pembudidaya ikan di Langsa dan kemudian diaklimatisasi di Laboratorium Prodi Akuakultur, Universitas Samudra, selama 2 minggu sebelum percobaan dimulai. Ikan dipelihara dan diberi pakan komersial dua kali sehari. Selanjutnya ikan didistribusikan ke dalam akuarium dengan kepadatan 15, 20, dan 25 ekor/akuarium.

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan selama penelitian adalah benih kerapu, pakan komersial, akuarium, DO meter, pH meter, digital caliper, timbangan digital, aerator, selang aerasi, batu aerasi, dan serokan. Fasilitas percobaan menggunakan sistem air resirkulasi. Aliran air dalam akuarium diukur dan disesuaikan sebelum percobaan untuk memastikan sirkulasi air yang cukup dan seimbang. Ikan ditempatkan dalam akuarium berdasarkan perlakuan kepadatan secara acak dengan tiga ulangan untuk masing-masing perlakuan.

Pengukuran Performa Pertumbuhan

Performa pertumbuhan, aktivitas pemakanan, tingkat kelangsungan hidup, dan kualitas air diamati berdasarkan kebutuhan data. Laju pertumbuhan dicatat secara berkala setiap 2 minggu selama 70 hari pemeliharaan dengan menimbang dan mengukur ikan dari setiap akuarium. Pada hari pengambilan sampel, ikan ditangkap menggunakan jaring kecil, kemudian segera ditimbang dan diukur. Berat diukur menggunakan timbangan digital dan panjang total diukur menggunakan digital caliper. Setelah pengukuran, ikan dikembalikan dengan hati-hati ke akuariumnya masing-masing. Performa pertumbuhan dihitung dengan persamaan berikut (Putra *et al.*, 2021)

Laju Pertumbuhan Spesifik (LPS, %/hari) ditentukan dengan persamaan berikut

$$LPS = 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / T$$

Keterangan

- W1 : Berat awal (gram)
 W2 : Berat akhir (gram)
 T : Jumlah hari masa pemberian pakan

Pertambahan Berat (WG, %) ditentukan dengan persamaan berikut

$$WG = 100 \times [(W_t - W_o) / W_o]$$

Keterangan

- W_o : Berat awal (gram)
 W_t : Berat akhir (gram)

Faktor Kondisi (FK) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut

$$(K) = [(10^5 \times W \text{ (g)}) / (TL \text{ (cm)})^3]$$

Keterangan

- W : Berat ikan (gram)
 Wt : Panjang ikan (cm)

Untuk pengamatan tingkat kelangsungan hidup, data dicatat harian dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$SR (\%) = (N_t / N_o) \times 100$$

Keterangan

- N_o : Jumlah ikan awal (ekor)
 N_t : Jumlah ikan akhir (ekor)

Pengukuran Pemanfaatan Pakan

Ikan diberi makan secara manual dua kali sehari (pukul 08.00 dan 17.00) sebesar 3% dari total biomassa menggunakan pakan komersial. Jumlah dan ukuran pakan disesuaikan seiring pertumbuhan ikan dan perubahan bukaan mulut. Pakan sisa dikumpulkan dan ditimbang setelah setiap kali pemberian pakan. Untuk pemanfaatan pakan, jumlah pakan yang dikonsumsi dihitung dari selisih antara pakan kering yang diberikan dengan pakan kering yang tersisa. Parameter yang dihitung menggunakan persamaan berikut (Taylor *et al.*, 2006)

Feed Intake (FI, g/ikan/hari) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut

$$FI = [F_o - F_t] / N$$

Keterangan

- F_o : Pakan kering yang diberikan (gram)
 F_t : Pakan kering yang tersisa (gram)

N : Jumlah ikan (ekor)

Rasio Konversi Pakan (RKP) ditentukan dengan persamaan berikut

$$RKP = F / ((W_t - D) - W_o) \times 100\%$$

Keterangan

F : Pakan yang diberikan (gram)

W_t : Berat akhir (gram)

W_o : Berat awal (gram)

D : Jumlah berat ikan mati (gram)

Rasio Efisiensi Pakan (REP) ditentukan dengan persamaan berikut

$$REP = ((W_t - D) - W_o) / F \times 100\%$$

Keterangan

W_t : Berat akhir (gram)

W_o : Berat awal (gram)

F : Pakan yang diberikan (gram)

D : Jumlah berat ikan mati (gram)

Pengukuran Kualitas Air

Parameter kualitas air seperti oksigen terlarut (*DO*), suhu, pH, dan salinitas, diukur setiap 5 hari. *DO* dan suhu diukur menggunakan *DO* meter. pH diukur menggunakan pH meter, sedangkan salinitas diukur menggunakan refraktometer.

Analisis Data

Seluruh data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA)* dengan padat tebar ikan sebagai faktor. *Uji tukey* digunakan untuk membandingkan rata-rata antar perlakuan ketika terdapat perbedaan yang signifikan pada tingkat signifikansi $P < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Parameter Pertumbuhan

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh kepadatan tebar pada sistem resirkulasi terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan, berdasarkan pengukuran panjang, berat, pertumbuhan, dan tingkat kelangsungan hidup.

Tabel 1. Pengukuran tingkat pertumbuhan dan kelangsungan hidup

Table 1. Measurement of growth and survival rate

Variables	Length (cm)		Weight (g)		WG (%)	SGR (%)	CF	SR (%)	
	Initial	Final	Initial	Final					
<i>Densities</i>	R15	9.4 ± 0.5	15.8 ± 1.1 ^c	14.2 ± 0.6	64.1 ± 3.7 ^c	351 ± 20 ^c	2.1 ± 0.06 ^c	1.61 ± 0.1	100
		R20	9.4 ± 0.5	16.1 ± 0.9 ^{bc}	14.2 ± 0.6	73.5 ± 3.6 ^b	417 ± 25 ^b	2.3 ± 0.07 ^b	1.67 ± 0.2
	R25		9.4 ± 0.5	18.7 ± 1.40 ^a	14.2 ± 0.6	95.8 ± 4.2 ^a	574 ± 30 ^a	2.7 ± 0.06 ^a	1.46 ± 0.1

Pada semua perlakuan (R15, R20, R25) dengan sistem resirkulasi, ikan menunjukkan pertumbuhan panjang dan berat yang signifikan dibandingkan dengan data awal. Kepadatan R25 menunjukkan pertumbuhan terbaik, dengan panjang akhir $18,7 \pm 1,4$ cm dan berat akhir $95,8 \pm 4,2$ g. Pertumbuhan ini secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan R15 ($15,8 \pm 1,1$ cm; $64,1 \pm 3,7$ g) dan R20 ($16,1 \pm 0,9$ cm; $73,5 \pm 3,6$ g). *Weight Gain* (WG) tertinggi juga dicapai pada perlakuan R25 sebesar $574 \pm 30\%$, diikuti R20 sebesar $417 \pm 25\%$, dan R15 sebesar $351 \pm 20\%$. Laju Pertumbuhan Spesifik (LPS) menunjukkan tren serupa, dengan R25 mencapai $2,72 \pm 0,06\%$ /hari, lebih tinggi daripada R20 ($2,35 \pm 0,07\%$ /hari) dan R15 ($2,15 \pm 0,06\%$ /hari). Koefisien faktor kondisi (K) ikan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan, berkisar antara $1,46 \pm 0,1$ hingga $1,67 \pm 0,2$ menandakan kondisi tubuh ikan relatif stabil. Sementara itu, tingkat kelangsungan hidup (SR) mencapai 100% di semua perlakuan, menunjukkan bahwa sistem resirkulasi yang digunakan mampu mempertahankan kondisi lingkungan yang optimal untuk ikan.

Peningkatan kepadatan hingga 25 ekor/akuarium (R25) menghasilkan pertumbuhan panjang dan berat ikan yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan kepadatan lebih rendah (R15 dan R20). *Weight Gain* (WG) dan laju pertumbuhan spesifik menunjukkan tren peningkatan seiring bertambahnya kepadatan. Fenomena ini sejalan dengan temuan sebelumnya bahwa sistem RAS yang baik mampu menyediakan kondisi lingkungan stabil sehingga mendukung pertumbuhan optimal meskipun pada kepadatan tinggi (Davidson *et al.*, 2016; Santoso *et al.*, 2013). Tingkat kelangsungan hidup sebesar 100% pada semua perlakuan mengindikasikan bahwa stres akibat kepadatan tinggi dapat diminimalisir dengan kontrol kualitas air yang efektif, sebagaimana dilaporkan oleh De Swaef *et al.* (2019). Kelangsungan hidup yang tinggi juga dapat dikaitkan dengan perbaikan manajemen biofiltrasi dan aerasi yang menjadi kunci dalam sistem RAS (Blancheton *et al.*, 2013).

Performa Konsumsi Pakan

Penelitian ini juga menganalisis performa pakan melalui parameter *Feed Intake* (FI), Rasio Konversi Pakan (RKP), dan Rasio Efisiensi Pakan (REP) pada berbagai kepadatan tebar dalam sistem resirkulasi.

Tabel 2. Kinerja pemberian pakan

Table 2. Feeding performance

Variables	Treatment	FI	FCR	FER
Densities	R15	89.05 ± 0.85^c	1.79 ± 0.18^a	0.56 ± 0.03^c
	R20	94.68 ± 1.07^b	1.60 ± 0.12^{ab}	0.63 ± 0.04^{bc}
	R25	107.8 ± 4.04^a	1.32 ± 0.05^c	0.76 ± 0.03^a

Hasil menunjukkan bahwa konsumsi pakan (FI) meningkat secara signifikan seiring dengan meningkatnya kepadatan. Perlakuan R25 memiliki konsumsi pakan tertinggi sebesar $107,8 \pm 4,04$, yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan R20 ($94,68 \pm 1,07$) dan R15 ($89,05 \pm 0,85$). Rasio konversi pakan terbaik ditemukan pada kepadatan R25, dengan nilai $1,32 \pm 0,05$. Nilai RKP ini lebih baik dibandingkan dengan R20 ($1,60 \pm 0,12$) dan R15 ($1,79 \pm 0,18$). Nilai RKP yang lebih rendah menunjukkan bahwa ikan pada R25 membutuhkan lebih sedikit pakan untuk menghasilkan berat tubuh yang setara. Sejalan dengan itu, REP tertinggi dicapai pada R25, yaitu $0,76 \pm 0,03$. Nilai ini secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan R20 ($0,63 \pm 0,04$) dan R15 ($0,56 \pm 0,03$), menunjukkan peningkatan efisiensi konversi pakan menjadi biomassa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi pakan (*Feed Intake*/FI) meningkat seiring bertambahnya kepadatan, dengan nilai tertinggi pada R25. Meski konsumsi pakan lebih tinggi,

nilai rasio konversi pakan menurun dan rasio efisiensi pakan meningkat pada kepadatan tertinggi, menandakan efisiensi penggunaan pakan yang lebih baik. Hal ini sesuai dengan temuan Samad *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa efisiensi pakan meningkat ketika lingkungan budidaya dikontrol dengan baik. Penurunan RKP juga didukung oleh laporan Wang *et al.* (2020) & Xiao *et al.* (2019) yang menemukan bahwa ikan dalam sistem RAS menunjukkan kinerja pakan yang lebih efisien dibandingkan dengan sistem konvensional. Selain itu, penelitian oleh Van Bussel *et al.* (2014) menunjukkan bahwa stres minimal dalam sistem RAS dapat meningkatkan nafsu makan dan konversi pakan pada ikan budidaya.

Analisa Parameter Kualitas Air

Penelitian ini juga mengamati kualitas air pada berbagai tingkat kepadatan (R15, R20, R25) dalam sistem resirkulasi, yang meliputi parameter salinitas, oksigen terlarut (DO), suhu, dan pH. Salinitas air selama penelitian berada pada kisaran 34,15–34,28 ppt, tanpa perbedaan yang signifikan antar perlakuan ($P > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa sistem resirkulasi mampu mempertahankan kestabilan salinitas meskipun terdapat variasi kepadatan ikan. Terdapat perbedaan kadar oksigen terlarut antar perlakuan. Nilai DO tertinggi tercatat pada kepadatan R15 sebesar $5,96 \pm 0,35$ ppm, sedangkan terendah pada R25 sebesar $5,81 \pm 0,39$ ppm. Meskipun ada penurunan oksigen seiring peningkatan kepadatan, semua nilai masih berada dalam kisaran yang aman untuk pertumbuhan ikan. Suhu air terjaga stabil di seluruh perlakuan, berkisar antara $30,69 \pm 1,40^\circ\text{C}$ hingga $30,76 \pm 1,47^\circ\text{C}$, tanpa perbedaan signifikan. Kondisi suhu ini termasuk ideal untuk mendukung aktivitas metabolisme dan pertumbuhan ikan dalam sistem resirkulasi. Nilai pH menunjukkan sedikit penurunan seiring dengan peningkatan kepadatan. R15 memiliki pH tertinggi ($7,76 \pm 0,29$), sedangkan R25 memiliki pH terendah ($7,70 \pm 0,30$). Meski demikian, seluruh nilai pH tetap dalam rentang normal yang mendukung kesehatan ikan.

Tabel 3. Parameter kualitas air

Table 3. Water quality parameters

Parameters		Salinity	DO	Temperature	pH
		(ppt)	(ppm)	($^\circ\text{C}$)	
Densities	R15	34.21 ± 0.67^a	5.96 ± 0.35^b	30.69 ± 1.40^a	7.76 ± 0.29^c
	R20	34.28 ± 0.62^a	5.88 ± 0.37^{bc}	30.72 ± 1.42^a	7.75 ± 0.29^c
	R25	34.15 ± 0.59^a	5.81 ± 0.39^c	30.76 ± 1.47^a	7.70 ± 0.30^d

Seluruh parameter kualitas air selama penelitian, termasuk salinitas, oksigen terlarut (DO), suhu, dan pH, berada dalam kisaran optimal. Meskipun terdapat sedikit penurunan nilai DO dan pH pada kepadatan tinggi, nilai-nilai tersebut masih dalam batas toleransi untuk pertumbuhan ikan yang sehat (Yuan *et al.*, 2018). Stabilitas suhu dan salinitas di seluruh perlakuan menunjukkan efektivitas sistem RAS dalam menjaga parameter fisik-kimia air Volkoff dan Rønnestad (2020); Suurnäkki *et al.*, (2020). Menurut Zhang *et al.*, 2019) kestabilan kualitas air dalam RAS sangat bergantung pada efisiensi sistem filtrasi dan sirkulasi air. Parameter DO yang sedikit menurun pada kepadatan tinggi juga telah dilaporkan oleh Wei *et al.*, (2019), di mana peningkatan biomassa dapat mengurangi kadar oksigen, namun efek tersebut dapat diminimalisasi dengan sistem aerasi tambahan.

Implementasi RAS dalam budidaya ikan memungkinkan produksi dengan kepadatan tinggi tanpa mengorbankan performa pertumbuhan dan efisiensi pakan, serta menjaga kualitas lingkungan budidaya. Strategi ini sejalan dengan prinsip akuakultur berkelanjutan yang menekankan efisiensi sumber daya dan minimalisasi dampak lingkungan (FAO, 2020). Selain itu, penggunaan sistem resirkulasi juga berkontribusi terhadap penghematan air dan energi, aspek

yang semakin penting dalam budidaya perikanan modern (Naylor *et al.*, 2021). Dengan demikian, aplikasi RAS berpotensi besar untuk meningkatkan kapasitas produksi secara berkelanjutan di tengah keterbatasan lahan dan air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem resirkulasi akuakultur mampu mendukung pertumbuhan benih kerapu pada tingkat kepadatan tinggi. Perlakuan dengan kepadatan R25 menghasilkan panjang dan berat akhir ikan tertinggi secara signifikan dibandingkan kepadatan yang lebih rendah, dengan nilai WG sebesar 574% dan LPS sebesar 2,72% per hari. Efisiensi pakan juga meningkat pada R25, tercermin dari RKP terendah sebesar 1,32. Kualitas air pada seluruh perlakuan tetap berada dalam rentang optimal, dengan sedikit penurunan pada oksigen terlarut dan pH seiring peningkatan kepadatan, namun tidak mempengaruhi kelangsungan hidup ikan. Dengan demikian, penggunaan sistem RAS pada tingkat kepadatan tinggi menawarkan solusi potensial untuk meningkatkan efisiensi produksi akuakultur secara berkelanjutan, sekaligus mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, P. A. S., Isma, R., Humairani, Y., Agus, P. A. S., Sondang, R. P., & Santy, D. S. (2020). *Cara Praktis Budidaya Catfish*. Penerbit Lakeisha.
- As, A. P., Amin, M., Baihaqi, B., Hatta, M., & Ayuzar, E. (2021). The use of fish silage to increase feed efficiency and growth of grouper (*Epinephelus coioides*) in floating net cages. *Depik*, 10(3), 225-230.
- Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P., & Mendiola, D. (2018). Energy use in recirculating aquaculture systems (RAS): A review. *Aquacultural Engineering*, 81, 57–70.
- Blancheton, J. P., Attramadala, K. J. K., Michaud, L., d'Orbecastel, E. R., & Vadstein, O. (2013). Insight into bacterial population in aquaculture systems and its implication. *Aquacultural Engineering*, 53, 30–39.
- Davidson, J., Good, C., Welsh, C., & Summerfelt, S. (2016). Evaluating the effects of feeding high-protein, high-energy diets to rainbow trout in water recirculating aquaculture systems (RAS). *Aquacultural Engineering*, 72–73, 1–14.
- De Swaef, E., Massant, L., Van Hulle, S. W. H., & Vanrolleghem, P. A. (2019). Biological nitrogen removal from aquaculture wastewater. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 786–802.
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: FAO.
- Jamil, M., Baihaqi, B., AS, A. P., Setyaningsih, D., & Fuadi, F. (2022). Budidaya benih ikan kerapu pada kolam terpal melalui teknologi penangkaran di kota Langsa. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 6(1), 488-499.
- Junita, A., Samad, A. P. A., & Fairus, F. (2024). Edukasi pokdakan mina sejahtera melalui teknologi flow water aquaphonic untuk meningkatkan kesejahteraan keluarga. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 8(5), 5117-5127.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., ... & Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551-563.
- Poltak, H., Ahmad, I. G., Tartila, S. S. Q., Aonullah, A. A., AS, A. P., & Lumbessy, S. Y. (2023). *Teknologi Budidaya Perairan*. PT Global Eksekutif Teknologi.

- Putra, A. A. S., Amin, M., Baihaqi, Hatta, M., & Ayuzar, E. (2021). The use of fish silage to increase feed efficiency and growth of grouper (*Epinephelus coioides*) in floating net cages. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 10(3), 225-228.
- Samad, A. P. A., Navia, Z. I., Junita, A., & Syahrial, S. (2025). Morphometric and meristic variations of Java Barb (*Barbonymus gonionotus*) in six districts of Aceh Province, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 51(1), 81-90.
- Samad, A. P. A., Hua, N. F., & Chou, L. M. (2014). Effects of stocking density on growth and feed utilization of grouper (*Epinephelus coioides*) reared in recirculation and flow-through water system. *African Journal of Agricultural Research*, 9(9), 812-822.
- Santoso, U., Lee, M. C., & Nan, F. H. (2013). Effects of dietary katuk leaf extract on growth performance, feeding behavior and water quality of grouper *Epinephelus coioides*. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 2(1), 17-25.
- Sihite, E. R., Rosmaiti, P. A., & Putra, A. S. A. (2020). Effect of high stocking density water quality and growth of goldfish (*Cyprinus carpio*) with the addition nitrobacter. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 4(1), 10-16.
- Suurnäkki, S., Pulkkinen, J. T., Lindholm-Lehto, P. C., Tiirola, M., & Aalto, S. L. (2020). The effect of peracetic acid on microbial community, water quality, nitrification and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) performance in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 516, 734534.
- Taylor, J. F., North, B. P., Porter, M.J.R., Bromage, N.R., & Migaud, H. (2006). Photoperiod can be used to enhance growth and improve feeding efficiency in farmed rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 256, 216-234.
- Van Bussel, C. G., Schroeder, J. P., Mahlmann, L., & Schulz, C. (2014). Aquatic accumulation of dietary metals (Fe, Zn, Cu, Co, Mn) in recirculating aquaculture systems (RAS) changes body composition but not performance and health of juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquacultural Engineering*, 61, 35–42.
- Volkoff, H., & Rønnestad, I. (2020). Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. *Temperature*, 7(4), 307–320
- Wang, K., Li, K., Liu, L., Tanase, C., Mols, R., & van der Meer, M. (2020). Effects of light intensity and photoperiod on the growth and stress response of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture and Fisheries*, 8, 85–90.
- Wei, Y., Jiao, Y., An, D., Li, D., Li, W., & Wei, Q. (2019). Review of dissolved oxygen detection technology: From laboratory analysis to online intelligent detection. *Sensors*, 19(18), 3995.
- Xiao, R., Wei, Y., An, D., Li, D., Ta, X., Wu, Y., & Ren, Q. (2019). A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 863–895.
- Yuan, Q., Qian, J., Ren, Y., Zhang, T., Li, Z., & Liu, J. (2018). Effects of stocking density and water temperature on survival and growth of the juvenile chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, reared under laboratory conditions. *Aquaculture*, 495, 631–636.
- Zhang, H., Ni, Q., Zhang, Y., Wu, F., Liu, H., Long, L., & Guan, C. (2019). Effects of temperature on growth, hematology, and immune responses of subadult Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray 1835) under different ammonia nitrogen conditions in recirculating aquaculture system. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(1), 313–322.