

TINGKAT KONSUMSI OKSIGEN DAN PERTUMBUHAN IKAN KOI (*Cyprinus rubrofuscus*) YANG DIBUDIDAYAKAN DALAM SISTEM RESIRKULASI DENGAN VARIASI MEDIA FILTER

*Oxygen Consumption Rate dan Growth of Koi Fish (*Cyprinus rubrofuscus*)
Cultured in Recirculation System with Different Filter Media*

Riska Puluhulawa^{1*}

¹Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan, Universitas Negeri Gorontalo
*riska.puluhulawa@ung.ac.id

*Diserahkan tanggal 17 April 2025, Diterima setelah perbaikan tanggal 21 April 2025,
Disetujui terbit tanggal 23 April 2025*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan media filtrasi berbeda dalam sistem resirkulasi terhadap tingkat konsumsi oksigen (TKO) dan pertumbuhan ikan koi (*Cyprinus rubrofuscus*). Sistem resirkulasi dipilih untuk mempertahankan kualitas air secara optimal dalam budidaya intensif. Penelitian dilaksanakan selama 30 hari menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan: tanpa filter (kontrol), filter kapas sintesis, zeolit, dan karbon aktif, masing-masing dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi TKO, laju pertumbuhan spesifik, laju pertumbuhan mutlak bobot dan panjang (LPMB dan LPMP), serta tingkat kelangsungan hidup. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif memberikan performa terbaik dalam menstabilkan konsumsi oksigen (TKO), dengan nilai TKO akhir sebesar 0,34 mg O₂/g/jam, serta menghasilkan SGR tertinggi sebesar 0,485%/hari. Perlakuan karbon aktif dan kapas sintesis juga menunjukkan survival rate tertinggi (98,33%). Penggunaan media filtrasi dalam sistem resirkulasi terbukti mampu meningkatkan kualitas air, mendukung metabolisme ikan, serta mendorong pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan koi secara optimal.

Kata kunci: Filter, ikan koi, konsumsi oksigen, pertumbuhan ikan, resirkulasi

Abstract

This study aimed to analyze the effect of different filtration media in a recirculating aquaculture system (RAS) on the oxygen consumption rate and growth performance of koi fish (*Cyprinus rubrofuscus*). The RAS was selected to maintain optimal water quality under intensive aquaculture conditions. The experiment was conducted over 30 days using a completely randomized design with four treatments: no filter (control), synthetic fiber, zeolite, and activated carbon, each with three replications. Observed parameters included oxygen consumption rate, specific growth rate (SGR), absolute growth rate in weight and length, and survival rate (SR). The results showed that the use of activated carbon provided the best performance in stabilizing oxygen consumption rate (final value of 0.34 mgO₂/g/jam) and produced the highest SGR (0.485%/day). Treatments with activated carbon and synthetic fiber also achieved the highest survival rates (98.33%). The use of filtration media in RAS significantly improved water quality, supported fish metabolism, and promoted optimal growth and survival of koi fish.

Keywords: filtration media, koi fish, oxygen consumption, fish growth, recirculating aquaculture system,

PENDAHULUAN

Budidaya ikan hias mengalami pertumbuhan yang signifikan seiring dengan meningkatnya permintaan pasar. Ikan hias memiliki keunggulan morfologis dan warna yang menarik, sehingga mampu menarik minat masyarakat secara luas. Selain itu, harga jual yang relatif terjangkau menjadikan kegiatan budidaya ikan hias sebagai salah satu peluang usaha yang potensial dan menguntungkan. Budidayanya dapat dilakukan dalam akuarium, kolam semen, atau kolam terpal. Salah satu jenis ikan hias yang populer di kalangan masyarakat adalah ikan koi (*Cyprinus rubrofuscus*). Produksi ikan koi sebagai ikan hias kini semakin intensif, dipengaruhi oleh keterbatasan jumlah dan kualitas air serta semakin berkurangnya lahan yang tersedia. Ikan membutuhkan kondisi lingkungan yang baik sebagai penunjang untuk tumbuh dan berkembang biak (Volkoff & Ronnestad, 2020).

Faktor lingkungan perairan sangat penting untuk mendukung kelangsungan hidup ikan, karena ketidaksesuaian kondisi perairan dapat menyebabkan gangguan fisiologis pada organisme akuatik (Hertika, Arfiati, Lusiana, Baghaz, & Putra, 2021). Proses osmoregulasi yang terjadi dalam tubuh dan tidak dapat dikontrol oleh ikan dapat menyebabkan ikan mengalami stres, kemudian berujung pada kematian (Su, Liu, Zhang, & Zhang, 2022).

Kualitas air dalam budidaya ikan koi sangat berpengaruh terhadap pertumbuhannya, dimana faktor seperti kadar oksigen terlarut, pH, suhu, dan kadar amonia harus dijaga agar tetap optimal untuk mendukung kesehatan dan perkembangan ikan. Kualitas air yang baik dapat menjaga dan meningkatkan nafsu makan ikan, sehingga berdampak terhadap pertumbuhan ikan koi. Kualitas air juga berpengaruh terhadap respon stres ikan koi yang dapat dilihat dari nilai tingkat konsumsi oksigen. Tingkat konsumsi oksigen (TKO) merupakan parameter fisiologis yang menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh ikan dalam jangka waktu tertentu, serta dinyatakan dalam satuan $\text{mgO}_2/\text{g}/\text{jam}$ (Khalil, Mardhiah, & Rusydi, 2015). Perubahan metabolisme pernapasan tidak hanya mencerminkan kondisi fisiologis hewan, tetapi juga memberikan wawasan tentang hubungan intrinsik antara sejarah hidup mereka dan lingkungan. Analisis keterkaitan antara tingkat konsumsi oksigen ikan dengan kualitas air yang merupakan lingkungan budidaya, dapat memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai pola fisiologis, metabolisme, serta kebutuhan energi ikan dalam mendukung pertumbuhan ikan (Zhu, et al., 2024).

Stres pada ikan dapat berdampak terhadap nafsu makan ikan. Ikan mengalami penurunan nafsu makan, sehingga proses metabolisme terhambat dan ikan mudah terserang penyakit.

Penurunan nafsu makan ikan menyebabkan pertumbuhan ikan mengalami penurunan karena energi yang tersedia dalam tubuh ikan hanya digunakan untuk bertahan hidup. Ikan yang mengalami stres cenderung mengonsumsi oksigen lebih tinggi (Sari, Yudasmara, & Swasta, 2023).

Sistem resirkulasi merupakan kegiatan budidaya yang memungkinkan penggunaan kembali air dalam budidaya dengan tujuan menjaga kualitas air tetap optimal dan lebih hemat air. Prinsip kerja RAS adalah mendaur ulang air yang telah digunakan dengan cara mengalirkannya secara berulang melalui sistem filtrasi (Lembang & Kuing, 2021). Teknologi ini berperan dalam mempertahankan parameter kualitas air, seperti oksigen terlarut, amonia, nitrit, nitrat, pH, salinitas, dan padatan tersuspensi. Salah satu komponen utama dalam RAS adalah filter, yang terdiri dari berbagai media seperti kapas sintetis, zeolit, dan karbon aktif. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan filter zeolit, arang, kapas, koral, dan pecahan karang dalam sistem RAS secara signifikan dapat menurunkan kadar amonia dalam air (Norjanna, Efendi, & Hasani, 2015).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat konsumsi oksigen dan pertumbuhan ikan koi yang dibudidayakan pada sistem resirkulasi dengan media filter yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 30 hari di Laboratorium Akuakultur, Pakan dan Penyakit Ikan Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan Universitas Negeri Gorontalo. Alat yang digunakan pada penelitian ini, disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Alat yang digunakan selama penelitian

No.	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Akuarium	30×20×25 cm	Sebagai wadah budidaya
2	Top filter	12 buah	Sebagai tempat filtrasi
3	Pompa air	15 Watt	Membantu air naik ke akuarium filter
4	Aerator	2 lubang	Meningkatkan oksigen dalam air
5	pH meter	-/°C	Mengukur pH dan suhu
6	DO meter	mg/l	Mengukur DO
7	Timbangan analitik	0,01 g	Mengukur berat ikan
8	Botol sampel	600 ml	Wadah air sampel

Bahan yang digunakan pada penelitian ini, disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Bahan yang digunakan selama penelitian

No.	Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1	Ikan koi (<i>Cyprinus rubrofuscus</i>)	5-8 cm	Sebagai biota yang dibudidayakan
2	Kalium Permanganat	Secukupnya	Untuk mensterilkan akuarium
3	Dakron	2 mm	Sebagai filter
4	Zeolit	300 g	Sebagai filter
5	Karbon aktif	350 g	Sebagai filter
6	Pellet F1000	1 kg	Pakan ikan

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), serta terdiri dari 4 perlakuan. Perlakuan yang diterapkan, antara lain:

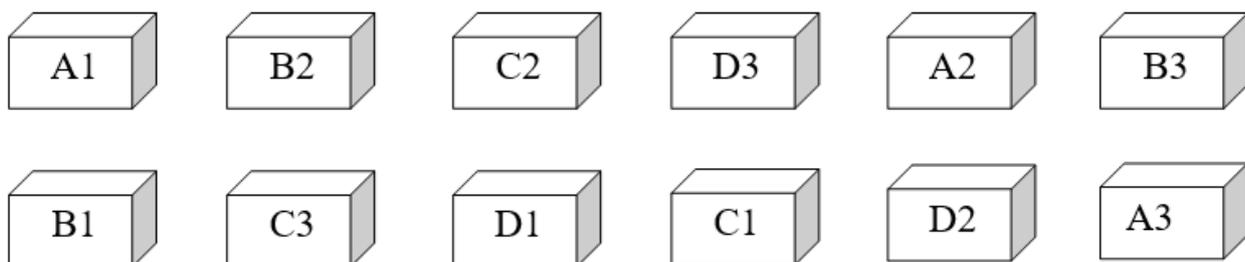
Perlakuan A : Tanpa media filter/control;

Perlakuan B : Filter kapas sintesis;

Perlakuan C : Filter zeolit; dan

Perlakuan D : Filter karbon aktif.

Setiap perlakuan diberi 3 ulangan. Akuarium ditempatkan secara acak seperti pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Rancangan penelitian ikan koi yang dibudidayakan pada sistem resirkulasi dengan media filter yang berbeda

Prosedur penelitian meliputi persiapan wadah, proses filtrasi, dan pemeliharaan sebagai berikut.

1. Persiapan wadah

Sebanyak 12 akuarium berukuran 30×20×25 cm disterilkan menggunakan larutan Kalium

Permanganat, kemudian diisi air sebanyak 10 liter per akuarium.

2. Proses filtrasi

Air disaring menggunakan top filter dengan tiga jenis media; dakron, zeolit, dan karbon aktif.

Wadah kontrol tidak menggunakan filter dan hanya disifon setiap hari.

3. Pemeliharaan ikan

Ikan koi ditebar dengan kepadatan 2 ekor/liter dan diberi pakan dua kali sehari secara *ad libitum* dengan Pellet F1000. Pengukuran bobot dilakukan di awal dan akhir penelitian.

Kualitas air dipantau mingguan, dan pengamatan berlangsung selama 30 hari.

4. Pengukuran tingkat konsumsi oksigen (TKO)

Aerasi dihentikan untuk mengetahui DO awal air. Ikan ditimbang ditebar secara perlahan kedalam ember sesuai perlakuan. Ember ditutup selama 1 jam dengan plastik untuk mencegah difusi oksigen secara langsung dari luar ember. Kadar DO air diukur setiap jam setelah ember ditutup dan dilakukan selama 3 jam. DO diukur dengan cara membuka penutup ember sesuai ukuran sensor DO meter, sehingga meminimalisir kontak oksigen dari luar. Hasil pengukuran DO kemudian dirata-ratakan. Pengukuran TKO dilakukan setiap 10 hari sekali dengan rumus sebagai berikut (Novita *et al.* 2011).

$$TKO = \frac{(DO_0 - DO_t) \times V}{w \times t}$$

Keterangan: TKO = Tingkat konsumsi oksigen (mg O₂/g/jam);

DO₀ = Kadar DO awal pengamatan (ppm);

DO_t = Kadar DO pada waktu t (ppm);

V = Volume air dalam wadah (L);

w = Bobot ikan (g); dan

t = Periode pengamatan (jam).

Parameter lain yang diamati selain TKO, antara lain *specific growth rate* (SGR), laju pertumbuhan mutlak bobot (LPMB), laju pertumbuhan mutlak panjang (LPMP), dan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*, SR).

Specific growth rate (SGR) diperoleh dengan mengukur bobot ikan pada awal dan akhir penelitian (Zonneveld, Huisman, & Boon, 1991).

$$LPSB = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100$$

Keterangan: SGR = *Specific growth rate* (%/hari);

Wt = Rata-rata bobot ikan pada akhir pemeliharaan (g);

Wo = Rata-rata bobot ikan yang ditebar pada awal pemeliharaan (g); dan

t = Lama waktu pemeliharaan (hari).

Laju pertumbuhan mutlak bobot dan panjang ikan (LPMB dan LPMP) dihitung berdasarkan selisih antara rata-rata bobot dan panjang akhir dengan nilai rata-rata bobot dan panjang awal pemeliharaan, kemudian dibagi dengan lama waktu pemeliharaan dengan rumus sebagai berikut (Goddard, 1996).

$$LPMB = \frac{B_t - B_o}{t}$$

$$LPMP = \frac{P_t - P_o}{t}$$

Keterangan:

LPMB = Laju pertumbuhan mutlak bobot (g/hari);

B_t = Nilai rata-rata bobot sampel hari ke-t (g);

B_o = Nilai rata-rata bobot sampel saat tebar (g);

P_t = Nilai panjang rata-rata sampel pada hari ke-t (g);

P_o = Nilai panjang rata-rata sampel saat tebar (g); dan

t = Lama waktu pemeliharaan (hari).

Survival rate (SR) merupakan nilai persentase ikan yang tetap hidup hingga akhir masa pemeliharaan dibandingkan dengan jumlah ikan pada awal pemeliharaan, dengan rumus sebagai berikut (Goddard, 1996).

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100$$

Keterangan: SR = *Survival rate* (%);

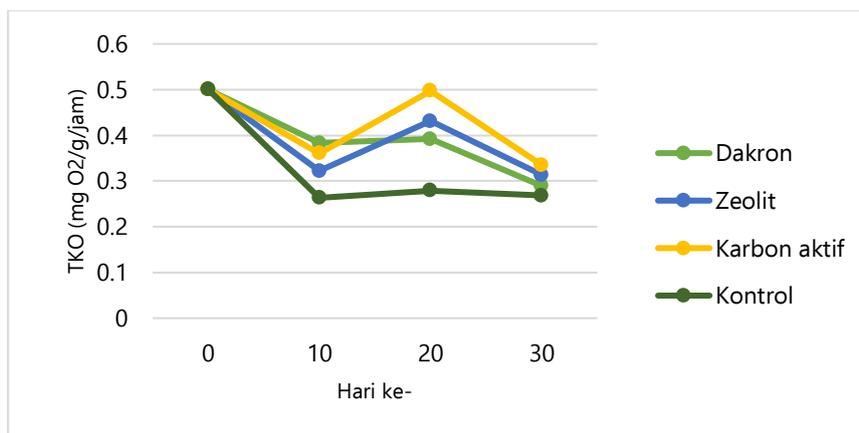
N_t = Total ikan pada akhir penelitian (ekor); dan

N_o = Total ikan ditebar pada awal penelitian (ekor).

Data TKO dianalisis secara deskriptif melalui grafik, sedangkan parameter lainnya dilakukan uji *Analysis of Variance* (ANOVA). Perlakuan yang berpengaruh nyata dilakukan uji lanjut dengan *Least Significant Difference* (LSD). Analisis data dilakukan dengan menggunakan SPSS 23.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Oksigen merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat penting dalam kegiatan budidaya ikan koi. Oksigen yang diperoleh melalui proses respirasi digunakan untuk mendukung metabolisme dalam tubuh ikan. Hasil penelitian diperoleh tingkat konsumsi oksigen ikan koi selama 30 hari pemeliharaan tanpa media filter (kontrol), serta pada berbagai perlakuan media filtrasi, yaitu dakron, zeolit, dan karbon aktif disajikan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik tingkat konsumsi oksigen ikan koi

Pada hari pertama (hari ke-0), TKO ikan koi adalah $0.5 \text{ mgO}_2/\text{g}/\text{jam}$. Hal ini menunjukkan bahwa ikan masih berada dalam kondisi stres awal akibat perpindahan lingkungan atau proses adaptasi awal, yang memicu peningkatan metabolisme dan konsumsi oksigen. Pada hari ke-10, terjadi penurunan signifikan TKO pada semua perlakuan, terutama pada kontrol yang mencapai titik terendah, yaitu $0.26 \text{ mgO}_2/\text{g}/\text{jam}$. Penurunan ini mengindikasikan adaptasi ikan terhadap lingkungan barunya serta stabilisasi kondisi air. Perlakuan dengan dakron, zeolit, dan karbon aktif menunjukkan penurunan TKO yang lebih stabil, yaitu $0.32\text{-}0.38 \text{ mgO}_2/\text{g}/\text{jam}$, menandakan peran media filtrasi dalam menstabilkan kualitas air.

Pada hari ke-20, terlihat adanya kenaikan kembali TKO, terutama pada perlakuan karbon aktif, yaitu $0.5 \text{ mgO}_2/\text{g}/\text{jam}$ dan zeolit $0.43 \text{ mgO}_2/\text{g}/\text{jam}$. Peningkatan TKO terjadi karena adanya peningkatan aktivitas metabolik ikan seiring pertumbuhan ikan. Penggunaan filter dari karbon aktif dan zeolit mampu memberikan pengaruh yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan tanpa penambahan filter. Karbon aktif dan zeolit bersifat adsorptif dan mampu mengikat senyawa beracun atau limbah, namun efisiensinya menurun seiring waktu (Nurhariati, Junaidi, & Diniarti, 2021). Kombinasi arang aktif dan pasir zeolite efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, N Total, TSS, dan

pH air pada wadah budidaya (Gemala & Ulfah, 2020).

Menjelang hari ke-30, TKO pada seluruh perlakuan menurun dan cenderung stabil, yaitu 0,27-0,34 mgO₂/g/jam. Perlakuan karbon aktif dan dakron tetap memiliki TKO sedikit lebih tinggi dibandingkan kontrol, menunjukkan bahwa media ini mendukung aktivitas metabolik ikan tanpa menyebabkan stres. Karbon aktif memiliki performa terbaik dalam menjaga kestabilan metabolisme ikan, ditunjukkan oleh TKO yang tinggi namun tidak berlebihan, menunjukkan lingkungan yang mendukung aktivitas biologis. Perlakuan dengan filter karbon aktif mereduksi amonia paling stabil dan efektif selama pemeliharaan (Sari, Zaidy, Haryadi, & Krettiawan, 2022).

Dakron memiliki pori-pori yang sangat halus dan rapat, hal ini dikarenakan bahan yang digunakan untuk membuat dakron terbuat dari serat sintetis. Fungsi dakron untuk menyaring partikel-partikel yang terlarut dalam air. Dakron sebagai filter untuk akuarium, memiliki daya tahan tinggi karena tidak mudah rusak, dan mudah dibersihkan. Kombinasi komponen sistem resirkulasi filter multilayer dengan penggunaan bioball, arang aktif, dakron dan pasir dapat menurunkan kadar amonia, serta kualitas air yang lebih baik, sehingga untuk kelangsungan hidup ikan meningkat (Sahetapy, Luturmas, & Kiat, 2021).

Tingkat konsumsi oksigen ikan koi selama pemeliharaan berada dalam kisaran optimal, sehingga menunjukkan bahwa ikan koi tidak mengalami stres. Ikan yang tidak stres dapat bertumbuh dengan baik. Pertumbuhan ikan koi disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pertumbuhan ikan koi

Perlakuan	SGR (%/hari)	LPMB (g/hari)	LPMP (mm/hari)	SR (%)
Kontrol	0.159 ^a	0.006 ^a	0.080 ^a	71.67 ^a
Kapas sintetis	0.165 ^a	0.006 ^a	0.080 ^a	98.33 ^a
Zeolit	0.170 ^a	0.006 ^a	0.080 ^a	96.67 ^a
Karbon aktif	0.485 ^b	0.017 ^a	0.055 ^a	98.33 ^a

Keterangan: *Specific Growth Rate* (SGR); Laju Pertumbuhan Mutlak Bobot (LPMB); Laju Pertumbuhan Mutlak Panjang (LPMP); *survival rate* (SR); Superskrip dengan huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan berbeda nyata

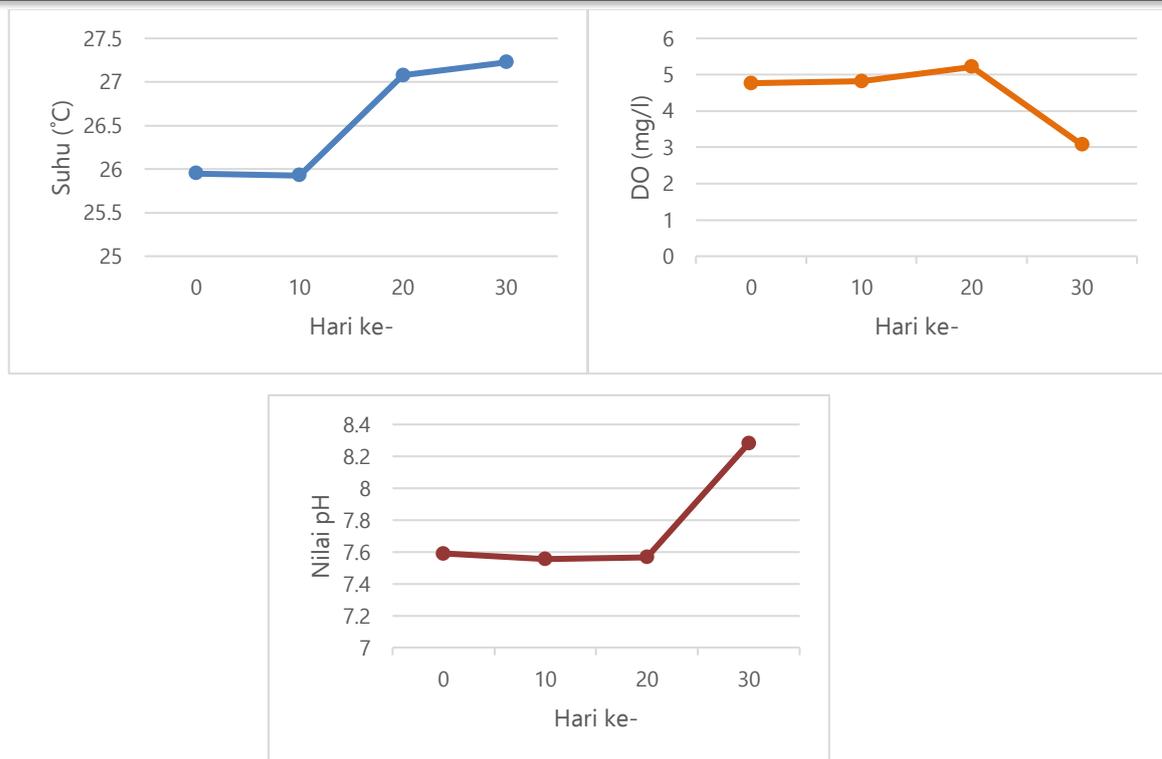
Specific growth rate (SGR) merupakan persentase penambahan ukuran atau bobot ikan dalam satuan waktu. Hasil penelitian diperoleh bahwa ikan koi yang dibudidaya dengan sistem resirkulasi dengan media filter karbon aktif memiliki nilai SGR tertinggi, yaitu 0,485 %/hari. Nilai SGR

menunjukkan perbedaan nyata karena parameter pertumbuhan yang paling peka terhadap perbaikan kondisi lingkungan, terutama yang berkaitan dengan efisiensi pertumbuhan harian. Parameter lain seperti LPMB, LPMP, dan SR memerlukan perubahan yang lebih besar atau waktu yang lebih lama untuk menunjukkan perbedaan signifikan. Penggunaan media filtrasi seperti karbon aktif dapat menyerap senyawa toksik seperti amonia dan bahan organik lain yang mengganggu, sehingga meningkatkan kualitas air dan mendukung pertumbuhan ikan secara maksimal (Sari, Cahyani, & Sari, 2024).

Pertumbuhan bobot mutlak merupakan nilai dari selisih antara bobot ikan pada akhir penelitian dengan bobot ikan yang ditebar pada awal penelitian. Pertumbuhan panjang mutlak merupakan selisih antara nilai rata-rata panjang ikan pada awal penelitian dengan akhir penelitian. Laju pertumbuhan mutlak bobot dan Panjang (LPMB dan LPMP) ikan koi yang dibudidaya pada sistem resirkulasi dengan media filter berbeda diperoleh tidak berbeda nyata antara setiap perlakuan. Nilai absolut yang lebih tinggi mengindikasikan potensi dukungan pertumbuhan dari karbon aktif. Lingkungan dengan kualitas air baik akan mempercepat konversi pakan menjadi biomassa, yang tercermin pada LPMB dan LPMP yang lebih tinggi (Chilmawati, Suminto, & Yuniarti, 2017).

Persentase kelangsungan hidup tertinggi juga diperoleh pada perlakuan kapas sintesis dan karbon aktif (98.33%), namun tidak berbeda nyata dari perlakuan lainnya., namun berbeda nyata dari kontrol (71.67%). Energi yang diperoleh dari pakan dapat digunakan oleh ikan untuk melakukan aktivitas dan beradaptasi dengan lingkungan barunya, sehingga tingkat kelangsungan hidup dalam penelitian ini tergolong baik (Mardiana, Lestari, & Abidin, 2023). Tingkat kelangsungan hidup di atas 50% dikategorikan baik, antara 30–50% termasuk sedang, dan di bawah 30% dianggap kurang baik (Putra, Sasmita, & Kartika, 2022).

Kualitas air yang baik membantu pertumbuhan ikan secara maksimal. Sistem filtrasi efektif dapat menurunkan tingkat kematian akibat stres lingkungan, patogen, atau akumulasi limbah metabolik (Munaeni, *et al.*, 2024). Kualitas air selama pemeliharaan disajikan dalam Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Kualitas air selama pemeliharaan

Suhu dan pH air mengalami peningkatan dari hari ke-0 hingga hari ke-30 karena adanya perubahan kondisi lingkungan, namun masih berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan ikan koi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem resirkulasi dengan media filtrasi yang berbeda berpengaruh terhadap tingkat konsumsi oksigen dan pertumbuhan ikan koi. Media filter karbon aktif memberikan hasil terbaik dengan tingkat pertumbuhan spesifik (SGR) tertinggi, yakni 0,485%/hari, menunjukkan lingkungan budidaya yang mendukung metabolisme dan pertumbuhan ikan secara optimal. Tingkat konsumsi oksigen (TKO) ikan koi selama pemeliharaan cenderung stabil dan berada dalam kisaran optimal, menandakan ikan tidak mengalami stres. Selain itu, tingkat kelangsungan hidup (SR) tertinggi juga dicapai pada perlakuan dengan kapas sintesis dan karbon aktif (98,33%), menunjukkan efektivitas sistem filtrasi dalam menjaga kualitas air dan kesehatan ikan. Secara keseluruhan, penggunaan filter karbon aktif dalam sistem resirkulasi merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan performa budidaya ikan koi. Studi lanjutan dapat dilakukan mencakup analisis efisiensi ekonomi dari penggunaan berbagai jenis media filter, serta pengaruh jangka panjang terhadap kesehatan ikan dan stabilitas parameter kualitas air.

DAFTAR PUSTAKA

- Chilmawati, D., Suminto, and Yuniarti, T. 2017. **Peningkatan Produksi Biomassa Sidat (*Anguilla bicolor*) Melalui Pemanfaatan Fermentasi Pakan dan Tepung Cacing Tanah (*Lumbricus sp.*)**. *Saintek Perikanan*, 12(2): 86-92.
- Gemala, M., and Ulfah, N. 2020. Efektifitas **Metode Kombinasi Pasir Zeolit dan Arang Aktif dalam Pengolahan Air Lindi di Tempat Pembuangan Akhir**. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 4(2): 162-167.
- Goddard, S. 1996. **Feed management in intensive aquaculture**. Chapman and Hall. New York. 194 p.
- Hertika, A. M., D. Arfiati, E.D. Lusiana, R. Baghaz, and D.S. Putra. 2021. **Analisis Hubungan Kualitas Air dan Kadar Glukosa Darah *Gambusia Affinis* di Perairan Sungai Brantas**. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3): 522-530.
- Khalil, M., A. Mardhiah, and R. Rusydi. 2015. **Pengaruh penurunan salinitas terhadap laju konsumsi oksigen dan pertumbuhan ikan kerapu lumpur (*Epinephelus tauvina*)**. *Acta Aquatica: Aquatic Science Journal*, 2(2): 114-121.
- Lembang, M. S., and 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.
- Mardiana, B. G., Lestari, D. P., and Abidin, Z. 2023. **Pengaruh Tepung Maggot (*Hermetia illucens*) Pada Formulasi Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)**. *JOINT-FISH*, 6(2): 150-161.
- Munaeni W., B. Agam, N. Tarigan, M. S. Hamka, S. A. Saridu, M. A. Huda, T. Purnamasari, A. Rumondang, A. Suriyadin, W. O. S. Wulan, S. Fadilah, S. Septiana, B. D. Setyono, Sumiarsih, D. Nurhayati, and H. Irawan. 2024. **Teknologi Akuakultur**. PT. Kamiya Jaya Aquatic. Ternate. 332 hal.
- Norjanna, F., Efendi, E., and Hasani, Q. 2015. **Reduksi amonia pada sistem resirkulasi dengan penggunaan filter yang berbeda**. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 4(1): 427-432.
- Novita, Y., B.H. Iskandar, B. Murdiyanto, B. Wiryawan, Hariyanto. 2011. **Konsumsi oksigen benih ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) ukuran panjang 5-7 cm**. *Marine Fisheries*, 2(1): 1-8.
- Nurhariati, Junaidi, M., and Diniarti, N. 2021. **Pengaruh Komposisi Filter terhadap Kualitas Air dan Pertumbuhan Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma macropomum*) dengan Sistem Resirkulasi**. *Jurnal Ruaya*, 9(2): 17-27.
- Putra, I. K., Sasmita, P. G., and Kartika, G. R. 2022. **Pemanfaatan Ikan Red Devil (*Amphilophus sp.*) Sebagai Pakan Alternatif dalam Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)**. *Jurnal Bumi Lestari*, 22(1): 32-40.

-
- Sahetapy, J. M., Luturmas, A., and Kiat, M. R. 2021. ***Effect of Recirculation System on Water Quality and Survival Rate of Banggai Cardinal Fish (Pterapogon kauderni)***. *Journal of Aquaculture Medium*, 1(1): 1-10.
- Sari, L. M., G. A. Yudasmaras, and I. Swasta, I. B. 2023. ***Tingkat konsumsi oksigen benih ikan mas koki (Carassius auratus) pada volume air yang berbeda***. *Juvenil*, 4(3): 175-185.
- Sari, W. P., Zaidy, A. B., Haryadi, J., and Krettiawan, H. 2022. ***Efektivitas Jenis Filter pada Sistem Resirkulasi terhadap Kualitas Air dan Pertumbuhan Panjang Benih Pangasionodon hyphophthalmus***. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 16(2): 205-219.
- Su, M., N. Liu, Z. Zhang, and J. Zhang. 2022. ***Osmoregulatory Strategies of Estuarine Fish Scatophagus Argus in Response to Environmental Salinity Changes***. *BMC Genomics*, 23(545): 1-19.
- Volkoff, H., and Ronnestad, I. 2020. ***Effects of Temperature on Feeding and Digestive Processes in Fish***. *Temperature*, 7(4): 307-320.
- Zhu, T., D. Li, K. Xiang, J. Zhao, Z. Zhu, Z. Peng, S. Zhu, Y. Liu, Z. Ye. 2024. ***Effects of acute flow velocity stress on oxygen consumption rate, energy metabolism and transcription level of mandarin fish (Siniperca chuatsi)***. *Aquaculture Report*(38): 1-13.
- Zonneveld, N., Huisman, E., and Boon, J. 1991. ***Prinsip-prinsip Budidaya Ikan***. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 317 p.