

APLIKASI ARANG AKTIF BATOK KELAPA DAN ZEOLIT DENGAN FILTER FISIK BUSA BERBEDA UNTUK MANAJEMEN KUALITAS AIR MEDIA BUDIDAYA IKAN KOI (*Cyprinus carpio*)

Edo Arnando, Ferdinand Hukama Taqwa*, dan Danang Yonarta

Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya,
Jalan Raya Palembang-Prabumulih KM 32, Ogan Ilir 30662, Sumatera Selatan

(Naskah diterima: 01 Mei 2024; Revisi final: 10 Juni 2024; Disetujui publikasi: 10 Juni 2024)

ABSTRAK

Ikan koi (*Cyprinus carpio*) merupakan salah satu jenis ikan yang sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air. Di sisi lain, kualitas air yang sesuai selain dapat menunjang tingkat kelangsungan hidup juga memengaruhi kecerahan warna ikan koi. Salah satu upaya untuk menjaga kualitas air tetap optimal adalah penerapan sistem resirkulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan filter arang aktif batok kelapa dan zeolit yang dikombinasikan dengan filter fisik busa berbeda terhadap kualitas air media pemeliharaan ikan koi. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap yang terdiri dari empat perlakuan dan tiga ulangan yaitu: P1 (Japmat, arang aktif batok kelapa, dan zeolit), P2 (spons, arang aktif batok kelapa, dan zeolit), P3 (*biofoam*, arang aktif batok kelapa, dan zeolit), dan P4 (*greenwool*, arang aktif batok kelapa, dan zeolit). Ikan koi yang digunakan merupakan strain platinum dengan ukuran awal berkisar 6 ± 1 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perlakuan P3 merupakan perlakuan terbaik yang secara signifikan menghasilkan nilai yang rendah ($p < 0,05$) untuk kadar amonia yang berkisar 0,005-0,029 mg L⁻¹ dan nilai kekeruhan antara 0,61-1,25 NTU. Nilai fisika-kimia air untuk suhu, oksigen terlarut, dan pH tidak terdapat perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) antarperlakuan dengan perbedaan filter fisik busa yang digunakan. Penggunaan filter fisik busa berupa *biofoam* (P3) secara signifikan menghasilkan performa budidaya terbaik ditinjau dari pertumbuhan bobot dan panjang mutlak masing-masing sebesar 0,48 g dan 1,40 cm, kelangsungan hidup 100% serta peningkatan kecerahan warna ikan mencapai 12,23.

KATA KUNCI: *biofoam*; *greenwool*; ikan koi; Japmat; spons

ABSTRACT: *Application of Activated Coconut Shell Charcoal and Zeolite with Different Physical Sponge Filters for Water Quality Management of Koi Fish (Cyprinus carpio) Cultivation Media*

Koi fish (Cyprinus carpio) is very sensitive to changes in water quality which directly influences its colour and brightness. The use of a water recirculation system could improve the control of these water quality parameters by employing specific filter materials. This research aimed to determine the effect of activated coconut shell charcoal and zeolite filter materials combined with different physical polyester filters on the water quality of the koi fish rearing media.

*Korespondensi: Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Jalan Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Jawa Barat
Email: ferdinand@fp.unsri.ac.id

This research used a completely randomized design consisting of four treatments and three replications, namely: P1 (Japmat, activated coconut shell charcoal, and zeolite), P2 (sponge, activated coconut shell charcoal, and zeolite), P3 (biofoam, activated coconut shell charcoal, and zeolite), and P4 (greenwool, activated coconut shell charcoal, and zeolite). The koi fish used are platinum strains with an initial size of 6 ± 1 cm. The results showed that the P3 treatment was the best treatment, which produced significantly low values ($p < 0.05$) for ammonia levels ranging from 0.005-0.029 mg L⁻¹ and turbidity values between 0.61-1.25 NTU. The treatments showed no significant differences in water physicochemical values for temperature, dissolved oxygen and pH ($p > 0.05$). The use of biofoam (P3) significantly resulted in the best cultivation performance in terms of absolute weight and length growth at 0.48 g and 1.40 cm, respectively, with a survival rate of 100% and increased fish color brightness at 12.23. This study concludes that the combined filters effectively filtered a wide range of organic and inorganic particulates in the rearing media of koi fish, reducing turbidity and improving the color and brightness of the fish.

KEYWORDS: biofoam; greenwool; Japmat; koi fish; sponge

PENDAHULUAN

Ikan koi (*Cyprinus carpio*) merupakan salah satu jenis ikan hias yang banyak digemari masyarakat Indonesia dan juga menjadi komoditas unggulan untuk diekspor ke luar negeri. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (2022), total produksi ikan hias tahun 2021 sebanyak 1,4 miliar, di mana ikan koi menyumbang produksi tertinggi sebesar 32%, diikuti ikan cupang sebesar 13%, serta ikan moli dan ikan manvis masing-masing sebesar 4%. Pada tahun 2017 hingga tahun 2021, nilai ekspor ikan koi rata-rata mencapai USD 264.000 per tahun. Nilai produksi ikan koi masih dapat terus meningkat, namun kegiatan budidaya ikan koi sangat rentan terhadap penurunan kualitas air yang dapat mengakibatkan produksi terhambat. Kualitas air yang optimal merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat menunjang tingkat kelangsungan hidup ikan koi secara maksimal (Rizky *et al.*, 2015). Penelitian Viadolo *et al.* (2016) menunjukkan bahwa pada kondisi kadar amonia yang melebihi batas maksimal, yaitu sekitar 0,03 mg L⁻¹ dapat menyebabkan tingkat kelangsungan hidup ikan koi yang rendah (13,33%). Penurunan kualitas air dapat disebabkan oleh pakan yang tidak dikonsumsi dan feses yang menumpuk pada wadah budidaya. Kedua hal ini dapat menjadi racun

bagi ikan budidaya karena mengandung amonia dan gas beracun lainnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk memastikan kualitas air tetap terjaga dalam kisaran optimum. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah sistem resirkulasi (Jubaedah *et al.*, 2020). Rajagukguk (2022), sistem resirkulasi bekerja dengan mengalirkan air masuk ke dalam pipa dan melintasi beberapa filter fisik, kimia, dan biologi, kemudian akan kembali lagi ke wadah budidaya secara terus-menerus. Kunci keberhasilan dalam aplikasi resirkulasi adalah ketepatan komposisi penggunaan jenis filternya.

Pengujian penggunaan kombinasi berbagai jenis filter dalam sistem resirkulasi cukup banyak dilakukan, seperti pada penelitian Hapsari *et al.* (2020) penggunaan kombinasi filter spons, komposisi arang serta zeolit (25:75%) pada pemeliharaan ikan nila yang dapat mempertahankan nilai pH 7, penurunan nitrogen amonia total yang berkisar 93,08-98,56 mg L⁻¹ dengan rata-rata kelangsungan hidup 95%, rasio konversi pakan 1,47, dan laju pertumbuhan harian 2,67%. Penelitian Sari *et al.* (2022) tentang penggunaan kombinasi filter biofoam (busa pori), arang aktif, dan zeolit pada pemeliharaan ikan patin mampu mempertahankan nilai pH rata-rata sebesar 7,91, amonia sebesar 0,10 mg L⁻¹ dengan tingkat kelangsungan hidup sebesar 95,30%

dan pertumbuhan panjang harian sebesar 2,97%. Hasil penelitian Liliyanti dan Sari (2023) menunjukkan bahwa penggunaan filter zeolit, spons, *Japanese mat* (Japmat), dan arang aktif batok kelapa dapat mempertahankan nilai kualitas air yang ideal untuk budidaya ikan, sehingga dapat menurunkan kadar amonia dan total plankton masing-masing sebesar 0,01 mg L⁻¹ dan 142.500 sel mL⁻¹, serta menaikkan nilai pH menjadi 6,6. Berdasarkan uraian hasil penelitian di atas terbukti bahwa kombinasi berbagai jenis filter fisik busa dengan arang aktif dan zeolit mampu mempertahankan nilai kualitas air selama masa pemeliharaan berbagai jenis ikan. Penggunaan filter yang ideal untuk digunakan dalam media resirkulasi adalah jenis yang memiliki fungsi ganda baik sebagai filter fisik, kimia atau biologi (Nurhidayat *et al.*, 2012).

Filter busa merupakan jenis dari fisik yang berfungsi sebagai filter biologis dikarenakan memiliki pori-pori kecil yang membuat sisa metabolisme dari ikan dapat tersaring secara optimal sekaligus juga lubang pori-pori tersebut dapat menjadi media bagi bakteri aerobik atau anaerobik untuk berkembang. Kedua bakteri tersebut berperan dalam mengubah amonia dari feses dalam bentuk yang lebih aman. Selain itu juga kelebihan dari menggunakan filter busa yaitu penggunaannya dapat berlangsung dalam kurun waktu yang lama jika kebersihannya tetap terjaga (Apriyadi *et al.*, 2019). Berdasarkan uraian di atas terbukti bahwa kombinasi berbagai jenis filter fisik busa dengan arang aktif dan zeolit mampu mempertahankan nilai kualitas air selama masa pemeliharaan berbagai jenis ikan. Namun, pengujian kombinasi berbagai filter fisik busa yang berbeda dengan arang aktif dan zeolit untuk pemeliharaan ikan koi hingga saat ini masih terbatas kajiannya. Filter busa yang biasa digunakan sebagai filter fisik di antaranya spons, Japmat, *greenwool*, dan *biofoam*. Perbedaan dari keempat filter tersebut yaitu ukuran lubang pori-pori yang dimiliki yang berpengaruh terhadap performanya sebagai filter fisik yang baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian aplikasi berbagai jenis filter fisik busa yang dipadukan

dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit untuk pemeliharaan ikan koi, dengan tujuan agar dapat mempertahankan kualitas air pemeliharaan ikan koi dalam kisaran optimal.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan koi jenis platinum (ukuran 8,0 ± 1,0 cm), spons, Japmat, *greenwool*, *biofoam* (ketebalan 4 ± 0,5 cm), arang aktif batok kelapa, dan zeolit (ukuran 4-5 mm), fenat, kloroks, dan MnSO₄ sebagai bahan pereaksi analisis amonia menggunakan spektrofotometer, kalium permanganat, dan pelet komersial (kandungan protein 30%). Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain akuarium dimensi 30 × 30 × 30 cm³, instalasi resirkulasi (pompa air, kotak filter berukuran 30 × 10 × 10 cm³), spektrofotometer Orion AquaMate 7100 Visible (alat untuk pengukuran amonia), *color reader* CR-10 (alat ukur warna tubuh ikan), *nefelometer* DW-T4000E (alat ukur kekeruhan), *DO meter* Hanna HI-9146 (alat ukur oksigen terlarut), *pH meter* EZ-9909 (alat ukur pH), termometer (alat ukur suhu), timbangan digital (pengukuran bobot ikan dan pakan), dan penggaris (pengukuran panjang ikan).

Persiapan Wadah Penelitian

Akuarium dibersihkan terlebih dahulu kemudian diberikan disinfektan berupa kalium permanganat dengan dosis 20 mg L⁻¹ selama satu hari (Hadid *et al.*, 2014). Setelah dibersihkan, dibilas dan dikeringkan, selanjutnya diisi air tawar dengan volume 18 L. Persiapan instalasi resirkulasi mengacu pada penelitian Hapsari *et al.* (2020) yaitu penggunaan filter fisik (busa), arang aktif batok kelapa, dan zeolit disusun berjajar pada sebuah kotak filter. Arang aktif batok kelapa dan zeolit yang digunakan diperoleh secara komersial. Dosis arang aktif batok kelapa yang digunakan mengacu pada Satriadi *et al.*, (2023) dan dosis zeolit mengacu pada Nasir dan Khalil (2016) yaitu masing-masing sebanyak 15 g L⁻¹. Pada bagian pompa terdapat modifikasi berupa penambahan

saluran *skimmer* dan *vacuum drain* untuk memaksimalkan pembersihan sisa kotoran atau pakan di permukaan dan dasar kolam. Susunan filter yang digunakan pada instalasi resirkulasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Penebaran dan Pemeliharaan Ikan Koi

Sebelum ditebar, dilakukan *sampling* bobot dan panjang pada seluruh ikan tiap perlakuan sebagai data awal. Padat tebar mengacu pada Yusuf *et al.* (2015), yaitu 1 ekor L⁻¹. Ikan koi diadaptasikan terlebih dahulu selama 7 hari dan dipuasakan selama 1 hari sebelum pengambilan sampel. Pemeliharaan dilakukan selama 30 hari. Selama pemeliharaan diberikan pelet komersial sebanyak 3% dari biomassa ikan dengan frekuensi pemberian tiga kali sehari pada pukul 08:00, 12:00, dan 16:00 WIB (Efianda *et al.*, 2020). Setiap 10 hari dilakukan pengukuran bobot tubuh ikan dan pembilasan filter fisik (busa) pada masing-masing perlakuan.

Rancangan Penelitian

Penelitian dirancang menggunakan rancangan acak lengkap yang terdiri dari empat perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan yang diberikan merupakan modifikasi filter air dengan berbagai filter fisik busa yang berbeda dari penelitian Hapsari *et al.* (2020), yang terdiri dari:

- P1 : Filter arang aktif batok kelapa, zeolit, dan Japmat.
- P2 : Filter arang aktif batok kelapa, zeolit, dan spons.
- P3 : Filter arang aktif batok kelapa, zeolit, dan *biofoam*.
- P4 : Filter arang aktif batok kelapa, zeolit, dan *greenwool*.

Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati beserta acuan formulasinya untuk nilai kualitas air, yaitu meliputi suhu dengan menggunakan alat ukur termometer, pH menggunakan pH *meter*, oksigen terlarut menggunakan DO *meter*, amonia menggunakan spektrofotometer secara fenat dengan menambahkan bahan pereaksi

untuk mengikat nitrogen amonia seperti (Chlorox, MnSO₄, dan kloroks) dan kekeruhan menggunakan *nefelometer*, kelangsungan hidup dan pertumbuhan mutlak, efisiensi pakan, dan peningkatan kecerahan warna ikan. Pengukuran suhu dan pH dilakukan pagi dan sore setiap hari, sedangkan pengukuran oksigen terlarut, kekeruhan, dan amonia dilakukan pengukuran setiap 10 hari sekali. Rumus-rumus yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tingkat kelangsungan hidup ikan dihitung menggunakan rumus (1) menurut Effendie (2002), yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kelangsungan Hidup(\%)} = \frac{N_t}{N_0} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

- Keterangan:
- N_t = Jumlah ikan hidup pada akhir masa pemeliharaan (ekor)
 - N₀ = Jumlah ikan hidup pada awal masa pemeliharaan (ekor)

Pertumbuhan panjang mutlak ikan dihitung menggunakan rumus (2) menurut Effendie (2002) sebagai berikut:

$$\text{Pertumbuhan panjang mutlak (cm)} = L_t - L_0 \dots\dots(2)$$

- Keterangan:
- L_t = Rerata panjang ikan pada akhir pemeliharaan (cm)
 - L₀ = Rerata panjang ikan pada awal pemeliharaan (cm)

Pertumbuhan bobot mutlak ikan dihitung menggunakan rumus (3) menurut Effendie (2002) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Pertumbuhan bobot mutlak (g)} = W_t - W_0 \dots\dots (3)$$

- Keterangan:
- W_t = Rerata bobot ikan pada akhir pemeliharaan (g)
 - W₀ = Rerata bobot ikan pada awal pemeliharaan (g)

Efisiensi pakan ikan dihitung menggunakan rumus (4) menurut National Research Council (1997) sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Pakan (\%)} = \frac{(W+D) W_0}{F} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

W = Biomassa ikan pada akhir pemeliharaan (g)

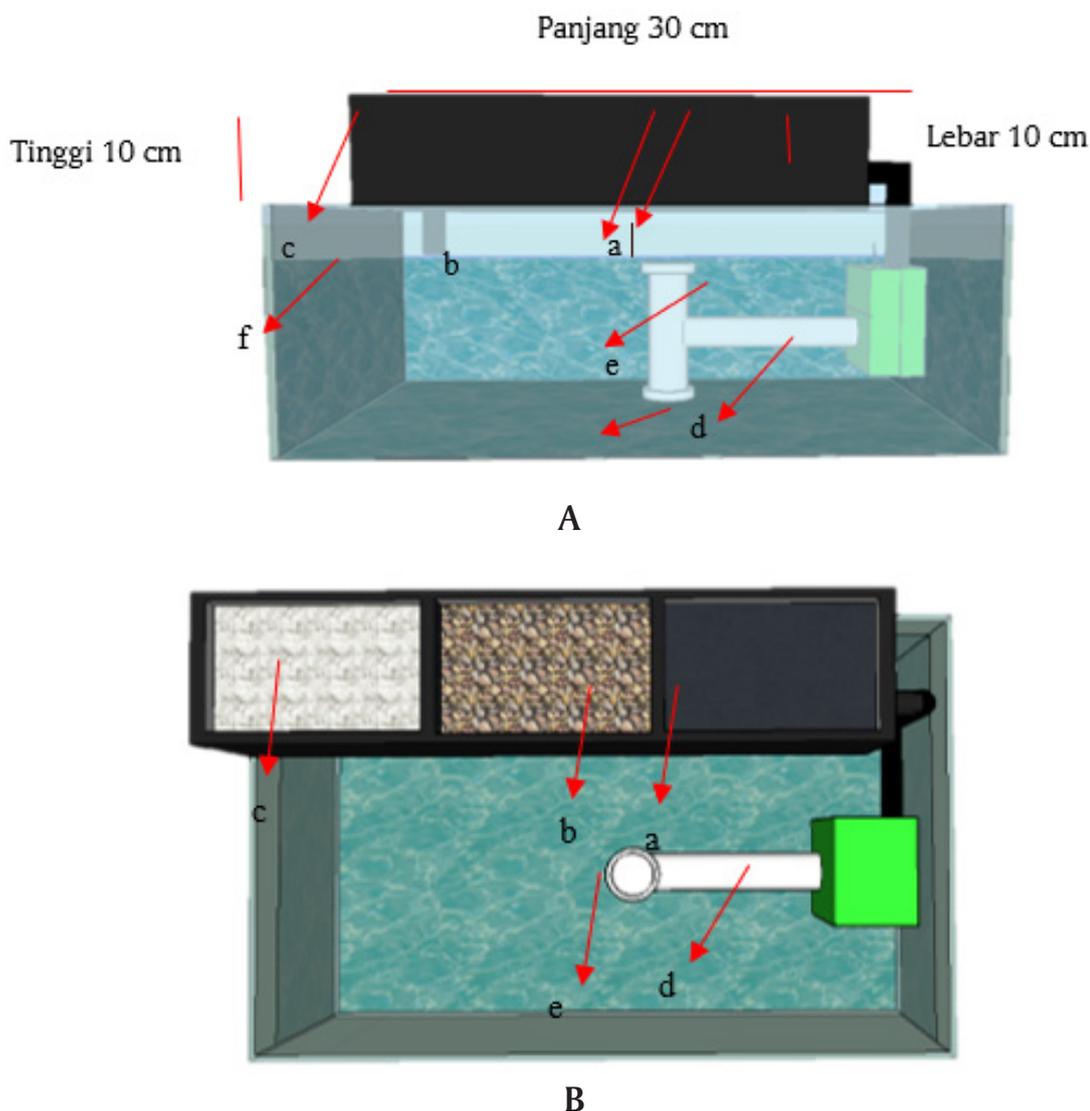
W₀ = Biomassa ikan pada awal pemeliharaan (g)

D = Total bobot ikan yang mati (g)

F = Jumlah pakan yang diberikan (g)

Pengukuran peningkatan kecerahan warna pada ikan koi dilakukan menggunakan alat *color*

reader CR-10. Pemilihan ikan koi yang dipelihara adalah yang memiliki warna tubuh yang seragam sehingga memudahkan pengamatan warna tubuhnya. Pengambilan sampel dilakukan pada satu titik yaitu pada badan ikan. Sampel yang digunakan sebanyak satu ekor per perlakuan. Pengukuran peningkatan kecerahan warna ikan dilakukan di awal dan akhir masa pemeliharaan. Nilai peningkatan kecerahan warna ikan dihitung menggunakan rumus



Gambar 1. Instalasi resirkulasi. Tampak depan (A) dan tampak atas (B): (a) Arang aktif batok kelapa, (b) Zeolit, (c) Filter fisik busa, (d) Pompa air, (e) Saluran *skimmer* dan *vacuum drain* serta (f) Saluran *outlet*

Figure 1. Recirculation installation. Front view (A) and top view (B):(a) Coconut shell activated charcoal, (b) Zeolite, (c) Physical sponge filter, (d) Water pump, (e) Skimmer and vacuum drain channel and (f) Outlet channel

(5) berdasarkan Commission Internationale de l'Eclairage (2007) sebagai berikut:

$$L = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

ΔL^* = (Lightness) gelap terang warna akhir - gelap terang warna awal (L)

ΔC^* = (Chroma) intensitas kecerahan akhir - intensitas kecerahan awal (H)

ΔH^* = (Hue) panjang gelombang akhir - panjang gelombang awal (H)

Analisis Data

Data kualitas air (suhu, pH, oksigen terlarut, amonia, dan kekeruhan), kelangsungan hidup, pertumbuhan bobot dan panjang mutlak, efisiensi pakan serta kecerahan warna ikan dianalisis menggunakan analisis ragam melalui *software* Microsoft Excel. Apabila menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) dengan selang kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu dan pH

Rata-rata nilai suhu dan pH air di media pemeliharaan ikan koi selama 30 hari dengan filter fisik busa yang berbeda disajikan pada Tabel 1. Analisis ragam yang dilakukan menunjukkan bahwa filter fisik busa berbeda pada tiap perlakuan yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap suhu dan pH air di media pemeliharaan ikan koi. Secara umum hasil pengukuran tersebut masih dalam kisaran optimal untuk memelihara ikan koi. Badan Standardisasi Nasional (2013) menyatakan bahwa suhu dan pH yang dianjurkan untuk produksi ikan koi adalah sekitar 26-30°C dan 7-7,5.

Suhu yang diperoleh selama penelitian mengalami penurunan dikarenakan dipengaruhi oleh lingkungan sekitar pada saat penelitian peralihan ke musim penghujan

sehingga terjadi penurunan suhu. Meskipun demikian suhu yang diperoleh masih tergolong dalam kisaran yang ideal untuk pemeliharaan ikan koi. Koniyo (2020) menyatakan bahwa suhu berperan dalam memengaruhi proses metabolisme dan perkembangan ikan. Suhu yang optimal dapat mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup dari ikan menjadi meningkat.

Selama pemeliharaan nilai pH yang diperoleh relatif stabil pada semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan filter zeolit dapat menjaga kestabilan pH air. Menurut Firmansyah *et al.* (2021), zeolit tersusun dari proses kristalisasi yang tidak teratur satu sama lain sehingga sangat efektif untuk menyaring ion dari amonia. Triyulianti *et al.* (2018) menyatakan bahwa ketika ion hidrogen yang terdapat dalam air berasosiasi dengan asam karbonat kemudian menjadi bikarbonat (HCO_3^-) yang bersifat basa menyebabkan pH air menjadi stabil.

Oksigen Terlarut

Rata-rata kandungan oksigen terlarut air di media pemeliharaan ikan koi dengan penerapan sistem resirkulasi menggunakan filter fisik busa yang berbeda disajikan pada Tabel 2. Analisis ragam yang dilakukan menunjukkan bahwa perbedaan filter fisik busa pada tiap perlakuan yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar oksigen terlarut air di media pemeliharaan ikan koi. Hasil pengukuran kadar oksigen terlarut untuk seluruh perlakuan masih dalam kisaran optimal untuk memelihara ikan koi. Oksigen terlarut air yang dianjurkan untuk produksi ikan koi minimal 3 mg L⁻¹ (Badan Standardisasi Nasional, 2013).

Penggunaan sistem resirkulasi berdampak pada kadar oksigen terlarut yang optimal pada setiap perlakuan. Namun seiring dengan masa pemeliharaan, kadar oksigen terlarut mengalami penurunan. Khalil *et al.* (2015), menyatakan bahwa laju konsumsi oksigen oleh ikan mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan ikan yang terjadi. Menurut

Tabel 1. Rata-rata suhu dan pH selama pemeliharaan ikan koi dengan aplikasi arang aktif batok kelapa dan zeolit dengan filter fisik busa berbeda

Table 1. Average temperature and pH during rearing of koi fish with application of coconut shell activated charcoal and zeolite with different physical sponge filters

Perlakuan Treatments	Suhu (°C) hari ke- Temperature (°C) day-			pH hari ke- pH day-		
	0-10	11-20	21-30	0-10	11-20	21-30
P1	28,19 ± 0,01 ^a	27,82 ± 0,01 ^a	27,76 ± 0,01 ^a	7,03 ± 0,01 ^a	7,05 ± 0,01 ^a	7,03 ± 0,01 ^a
P2	28,14 ± 0,03 ^a	27,88 ± 0,10 ^a	27,80 ± 0,05 ^a	7,04 ± 0,01 ^a	7,05 ± 0,01 ^a	7,03 ± 0,02 ^a
P3	28,17 ± 0,05 ^a	28,00 ± 0,16 ^a	27,79 ± 0,08 ^a	7,02 ± 0,02 ^a	7,04 ± 0,02 ^a	7,02 ± 0,01 ^a
P4	28,18 ± 0,01 ^a	27,94 ± 0,01 ^a	27,88 ± 0,01 ^a	7,04 ± 0,01 ^a	7,06 ± 0,01 ^a	7,03 ± 0,01 ^a

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf superskrip yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (p>0,05)

Description: Numbers in the same column followed by the same superscript letters indicate insignificantly different results (p>0.05)

Tabel 2. Rata-rata kadar oksigen terlarut selama pemeliharaan ikan koi dengan aplikasi arang aktif batok kelapa dan zeolit dengan filter fisik busa berbeda

Table 2. Average dissolved oxygen levels during rearing of koi fish with application of coconut shell activated charcoal and zeolite with different physical sponge filters

Perlakuan Treatments	Oksigen terlarut (mg L ⁻¹) hari ke- Dissolved oxygen (mg L ⁻¹) day-			
	0	10	20	30
P1	5,45 ± 0,03 ^a	5,01 ± 0,04 ^a	4,92 ± 0,06 ^a	4,71 ± 0,04 ^a
P2	5,44 ± 0,02 ^a	5,06 ± 0,07 ^a	4,93 ± 0,07 ^a	4,83 ± 0,06 ^a
P3	5,43 ± 0,04 ^a	5,01 ± 0,08 ^a	4,87 ± 0,08 ^a	4,76 ± 0,07 ^a
P4	5,44 ± 0,04 ^a	5,07 ± 0,04 ^a	4,92 ± 0,09 ^a	4,77 ± 0,06 ^a

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf superskrip yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (p>0,05)

Description: Numbers in the same column followed by the same superscript letters indicate insignificantly different results (p>0.05)

Koniyo (2020), oksigen terlarut merupakan aspek penting bagi kelangsungan hidup ikan untuk proses pernafasan. Oksigen terlarut merupakan salah satu aspek pembatas bagi kehidupan ikan. Perubahan yang terjadi pada kadar oksigen terlarut di perairan dapat menimbulkan dampak buruk bagi ikan seperti kematian dan juga peningkatan toksisitas. Hal ini dikarenakan oksigen terlarut digunakan ikan dalam proses respirasi dan juga pertumbuhan serta perkembangannya.

Amonia

Rata-rata kandungan amonia air pemeliharaan ikan koi melalui penerapan sistem resirkulasi menggunakan filter fisik busa yang berbeda disajikan pada Tabel 3. Analisis ragam yang dilakukan menunjukkan bahwa filter fisik busa berbeda yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit memberikan pengaruh nyata (p<0,05) terhadap kadar amonia di media pemeliharaan ikan koi pada

Tabel 3. Rata-rata kadar amonia selama pemeliharaan ikan koi dengan aplikasi arang aktif batok kelapa dan zeolit dengan filter fisik busa berbeda

Table 3. Average ammonia levels during rearing of koi fish with application of coconut shell activated charcoal and zeolite with different physical sponge filters

Perlakuan Treatments	Amonia (mg L ⁻¹) hari ke- Ammonia (mg L ⁻¹) day-			
	0	10	20	30
P1	0,005 ± 0,002 ^a	0,026 ± 0,005 ^b	0,038 ± 0,008 ^b	0,049 ± 0,003 ^b
P2	0,006 ± 0,001 ^a	0,024 ± 0,005 ^b	0,036 ± 0,005 ^b	0,048 ± 0,005 ^b
P3	0,005 ± 0,002 ^a	0,013 ± 0,003 ^a	0,021 ± 0,006 ^a	0,029 ± 0,004 ^a
P4	0,004 ± 0,001 ^a	0,015 ± 0,004 ^a	0,025 ± 0,002 ^a	0,035 ± 0,002 ^a

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf superskrip yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil pada selang kepercayaan 95%

Description: Numbers in the same column followed by different superscript letters indicate significantly different results on least significant different test at a confidence level of 95%

hari ke-10, 20, dan 30. Berdasarkan uji BNT pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa nilai amonia pada hari ke-10, 20, dan 30 pada P3 berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan P1 dan P2 namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P4. Pada perlakuan P1 terdapat perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) dibandingkan P4 tetapi tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P2. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2011), syarat mutu yang dianjurkan untuk kadar amonia selama pemeliharaan ikan koi adalah maksimal 0,2 mg L⁻¹.

Perlakuan P3 dan P4 dengan kombinasi filter busa fisik berupa *biofoam* dan *greenwool* dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit menghasilkan nilai amonia yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Primaningtyas *et al.* (2015) sampah dan sisa makanan merupakan penyumbang terbesar kandungan amonia di perairan. Ukuran atau kepadatan pori-pori yang lebih kecil pada penelitian ini menyebabkan fungsi filter lebih optimal dalam menyaring kotoran di media pemeliharaan ikan koi. *Biofoam* bekerja lebih efektif dalam menyaring kotoran karena pori-porinya lebih kecil dan mampu menahan air mengalir dalam waktu lama, sekitar 2 bulan tanpa dicuci (Sari *et al.*, 2022). Menurut Putri *et al.* (2020), *biofoam* memiliki ukuran pori

sebesar 0,040 mm. Indradaya *et al.* (2020) menyatakan spons yang beredar secara komersial umumnya memiliki ukuran pori-pori sebesar 0,123 mm, Japmat sebesar 0,216 mm, dan *greenwool* sebesar 0,089 mm. Spons mempunyai lubang pori-pori yang lebih besar, namun penggunaannya kurang maksimal jika digunakan terus menerus karena lubang pori akan semakin besar (Sari *et al.*, 2022). *Greenwool* mempunyai lubang pori-pori yang kecil, namun bahannya yang lembut membuat lubang pori-pori mudah membesar. Filter fisik Japmat mempunyai pori-pori yang besar, tekstur yang kaku serta kuat namun hanya mampu menyaring kotoran yang berukuran besar (Candra *et al.*, 2022).

Kekeruhan

Nilai rata-rata kekeruhan air selama pemeliharaan ikan koi dengan penerapan sistem resirkulasi menggunakan filter fisik busa yang berbeda disajikan pada Tabel 4. Analisis ragam yang dilakukan menunjukkan filter fisik busa berbeda yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kekeruhan air di media pemeliharaan ikan koi pada hari ke-10, 20, dan 30. Dari

Tabel 4. Nilai rata-rata kekeruhan air di media pemeliharaan ikan koi dengan aplikasi arang aktif batok kelapa dan zeolit dengan filter fisik busa berbeda

Table 4. Average value of turbidity on rearing media of koi fish with application of coconut shell activated charcoal and zeolite with different physical sponge filters

Perlakuan Treatments	Kekeruhan (NTU) hari ke- Turbidity (NTU) day-			
	0	10	20	30
P1	0,64 ± 0,04 ^a	1,02 ± 0,13 ^b	1,74 ± 0,32 ^b	2,26 ± 0,33 ^b
P2	0,60 ± 0,04 ^a	1,10 ± 0,07 ^b	1,82 ± 0,35 ^b	2,25 ± 0,31 ^b
P3	0,61 ± 0,05 ^a	0,69 ± 0,06 ^a	0,97 ± 0,17 ^a	1,25 ± 0,13 ^a
P4	0,63 ± 0,04 ^a	0,90 ± 0,20 ^{ab}	1,06 ± 0,12 ^a	1,54 ± 0,39 ^a

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf superskrip yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil pada selang kepercayaan 95%

Description: Numbers in the same column followed by different superscript letters indicate significantly different results on least significant different test at a confidence level of 95%

uji BNT pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa nilai kekeruhan media pemeliharaan pada hari ke-10 pada P3 berbeda nyata lebih rendah ($p < 0,05$) dibandingkan P1 dan P2, namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P4. Perlakuan P2 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P1 dan P4. Nilai kekeruhan hari ke-20 dan 30 pada P3 berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan P1 dan P2 namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P4. Perlakuan P2 berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan P4 namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P1.

Batas maksimal kekeruhan untuk pemeliharaan *cyprinid* adalah 17,30 NTU (Musfita, 2022). Rendahnya nilai kekeruhan pada tiap perlakuan menunjukkan filter fisik busa yang digunakan mampu menyaring sisa kotoran dan feses yang menjadi penyumbang nilai kekeruhan air. Nilai kekeruhan yang lebih rendah dibanding perlakuan lainnya pada hari ke-10, 20 dan 30 terdapat pada P3 dan P4. Nilai kekeruhan yang lebih rendah tersebut menunjukkan kemampuan filter fisik busa berupa *biofoam* dan *greenwool* yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit memiliki kemampuan terbaik dibandingkan filter fisik busa lainnya dalam menyaring padatan kecil maupun besar dalam air sehingga dapat meminimalkan nilai

kekeruhan air dalam budidaya ikan koi.

Kelangsungan Hidup dan Peningkatan Kecerahan Warna Tubuh Ikan Koi

Rata-rata kelangsungan hidup dan peningkatan kecerahan ikan koi yang dipelihara pada sistem resirkulasi dengan fisik filter busa yang berbeda disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan perhitungan analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan filter fisik busa berbeda yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kelangsungan hidup dan peningkatan kecerahan warna tubuh ikan koi. Uji BNT pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa kelangsungan hidup pada P3 berbeda nyata lebih tinggi ($p < 0,05$) dibandingkan pada P2, namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P1 dan P4. Kelangsungan hidup ikan koi terendah terdapat pada perlakuan P2. Uji BNT pada selang kepercayaan 95% menunjukkan nilai peningkatan kecerahan warna tubuh ikan koi pada perlakuan P3 berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan P2 dan P1 namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P4.

Perlakuan P3 berupa penggunaan filter fisik *biofoam* yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit menghasilkan

Tabel 5. Rata-rata kelangsungan hidup dan peningkatan kecerahan warna tubuh ikan koi yang dipelihara dengan aplikasi arang aktif batok kelapa dan zeolit dengan filter fisik busa berbeda

Table 5. Average survival rate and increased brightness of body color of koi fish reared with application of coconut shell activated charcoal and zeolite with different physical sponge filters

Perlakuan Treatments	Kelangsungan hidup (%) Survival rate (%)	Peningkatan kecerahan warna tubuh Increased brightness of body color
P1	96,30 ± 3,21 ^b	4,74 ± 1,51 ^a
P2	90,74 ± 3,21 ^a	5,13 ± 1,39 ^a
P3	100,00 ± 0,00 ^b	12,23 ± 2,36 ^b
P4	98,15 ± 1,21 ^b	9,61 ± 1,30 ^b

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf superskrip yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil pada selang kepercayaan 95%

Description: Numbers in the same column followed by different superscript letters indicate significantly different results on least significant different test at a confidence level of 95%

tingkat kelangsungan hidup mencapai 100%. Kematian yang terjadi disebabkan kadar amonia yang meningkat pada wadah pemeliharaan terutama pada P1, P2, dan P4. Perlakuan P3 menghasilkan peningkatan kecerahan warna tubuh yang lebih tinggi dibandingkan P1 dan P2 dengan warna dominan *silver*. Hal ini berkaitan dengan semakin rendahnya nilai kekeruhan pada P3 sehingga memengaruhi kecerahan warna tubuh ikan koi yang dipelihara. Putriana *et al.* (2015) menyatakan selain faktor genetik dan pakan, lingkungan juga dapat memengaruhi warna tubuh ikan. Tingkat kecerahan warna ikan koi yang dipelihara juga tergantung kondisi fisiologisnya. Apabila ikan mengalami stres akan menyebabkan tubuh ikan berwarna pucat yang akan berpengaruh terhadap nilai kecerahan tubuhnya.

Nilai peningkatan kecerahan warna tubuh ikan koi pada P1 merupakan nilai yang lebih rendah dibanding P3 dan P4. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kekeruhan air akan menyebabkan kecerahan warna tubuh ikan koi semakin rendah. Batas maksimal kekeruhan untuk pemeliharaan *cyprinid* adalah 17,30 NTU (Musfita, 2022). Hal ini terlihat dari warna tubuh ikan koi yang kecerahannya tampak memudar. Menurut Budi *et al.* (2021), beragamnya warna tubuh ikan pada dasarnya berasal dari peran pigmen

(kromatofor) pada kulit ikan. Sari *et al.* (2022) menyatakan bahwa jaringan pigmen kromatofor pada lapisan epidermis ikan akan menyerap cahaya dari lingkungan, sehingga kecerahan warna ikan bergantung pada kecerahan lingkungan hidupnya. Oleh karena itu, kekeruhan air dapat berkontribusi terhadap penurunan kecerahan warna pada tubuh ikan. Perbandingan peningkatan kecerahan warna ikan koi pada hari ke-30 untuk seluruh perlakuan disajikan pada Gambar 2.

Pertumbuhan Panjang dan Bobot Mutlak serta Efisiensi Pakan Ikan Koi

Rata-rata pertumbuhan panjang dan bobot mutlak serta efisiensi pakan ikan koi yang dipelihara selama 30 hari dengan filter fisik busa yang berbeda disajikan pada Tabel 6. Analisis ragam menunjukkan bahwa filter fisik busa berbeda yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap pertumbuhan panjang dan bobot mutlak, namun tidak memberikan pengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap efisiensi pakan ikan koi. Hasil uji BNT pada selang kepercayaan 95% menunjukkan pertumbuhan panjang mutlak pada P3 berbeda nyata lebih tinggi ($p < 0,05$) dibandingkan P1 dan P2, namun tidak



Gambar 2. Perbandingan kecerahan warna tubuh ikan koi yang dipelihara dengan aplikasi arang aktif batok kelapa dan zeolit dengan filter fisik busa berbeda. P1: Kecerahan warna tubuh ikan koi yang dipelihara dengan aplikasi arang aktif batok kelapa, zeolit, dan Japmat; P2: Kecerahan warna tubuh ikan koi yang dipelihara dengan aplikasi arang aktif batok kelapa, zeolit, dan spons; P3: Kecerahan warna tubuh ikan koi yang dipelihara dengan aplikasi arang aktif batok kelapa, zeolit, dan *biofoam*; P4: Kecerahan warna tubuh ikan koi yang dipelihara dengan aplikasi arang aktif batok kelapa, zeolit, dan *greenwool*

Figure 2. Comparison of the body color brightness of koi fish reared with application of coconut shell activated charcoal and zeolite with different physical sponge filters. P1: The body color brightness of koi fish reared with application of activated coconut shell charcoal filter, zeolite, and Japmat; P2: The body color brightness of koi fish reared with application of activated coconut shell charcoal filter, zeolite and sponge; P3: The body color brightness of koi fish reared with application of activated coconut shell charcoal filter, zeolite and *biofoam*; P4: The body color brightness of koi fish reared with application of activated coconut shell charcoal filter, zeolite and *greenwool*

Tabel 6. Rata-rata pertumbuhan mutlak dan efisiensi pakan ikan koi yang dipelihara dengan aplikasi arang aktif batok kelapa dan zeolit dengan filter fisik busa berbeda

Table 6. Average absolute growth and feed efficiency of koi fish reared with application of coconut shell activated charcoal and zeolite with different physical sponge filters

Perlakuan Treatments	Pertumbuhan mutlak Absolute growth		Efisiensi pakan (%) Feed efficiency (%)
	Panjang (cm) Length (cm)	Bobot (g) Weight (g)	
P1	0,8 ± 0,01 ^a	0,29 ± 0,01 ^a	8,44 ± 3,89 ^a
P2	0,9 ± 0,01 ^a	0,34 ± 0,03 ^b	9,19 ± 3,47 ^a
P3	1,4 ± 0,01 ^b	0,48 ± 0,07 ^d	10,41 ± 1,59 ^a
P4	1,2 ± 0,01 ^b	0,40 ± 0,02 ^c	8,71 ± 0,44 ^a

Keterangan: angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf superskrip yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil pada selang kepercayaan 95%

Description: numbers in the same column followed by different superscript letters indicate significantly different results on least significant different test at a confidence level of 95%

berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan P4. Uji BNT pada selang kepercayaan 95% menunjukkan pertumbuhan bobot mutlak ikan koi berbeda nyata ($p < 0,05$) antarperlakuan dengan nilai tertinggi terdapat pada P3.

Pertumbuhan panjang dan bobot mutlak ikan koi yang lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya terdapat pada P3 dan P4 dengan

perlakuan filter fisik busa berupa *biofoam* dan *greenwool* yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit. Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti stadia, jenis, kualitas air, pakan, dan kepadatan (Harteman, 2015). Pertumbuhan yang tinggi pada P3 disebabkan kualitas air yang tergolong optimal terutama kadar amonia sehingga dapat

mendukung pertumbuhan dari ikan koi. Hal ini didukung oleh pernyataan Gunawan *et al.* (2020), lingkungan yang optimal seperti kandungan amonia yang rendah menyebabkan meningkatnya nafsu makan dan laju pertumbuhan dari ikan. Kondisi lingkungan perairan yang optimal menyebabkan ikan lebih maksimal memanfaatkan nutrisi dari pakan untuk pertumbuhan.

KESIMPULAN

Penggunaan filter fisik busa berupa *biofoam* dan *grenwool* yang dikombinasikan dengan arang aktif batok kelapa dan zeolit menghasilkan kualitas air, kelangsungan hidup, peningkatan kecerahan warna, pertumbuhan panjang mutlak, dan pertumbuhan bobot mutlak yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan filter fisik busa berupa Japmat dan spons. Namun, penggunaan filter fisik berupa *biofoam* secara signifikan berperan menghasilkan pertumbuhan bobot mutlak tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Diharapkan dari hasil penelitian yang diperoleh dapat menjadi pedoman bagi pengembangan budidaya ikan koi di Indonesia dengan skala yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu fasilitas dan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini hingga tahap publikasi artikel.

PENDANAAN

Penelitian ini dibiayai secara mandiri oleh penulis yang terlibat dalam penelitian.

KONTRIBUSI PENULIS

Semua penulis berkontribusi dalam konseptualisasi, investigasi, kurasi data, validasi, dan penulisan draf orisinal serta *editing*.

PERNYATAAN BENTURAN KEPENTINGAN

Kegiatan penelitian ini tidak terdapat sama sekali benturan kepentingan dengan pihak manapun.

DAFTAR ACUAN

- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 7734:2011. Ikan hias koi (Cyprinus carpio L.) - syarat mutu dan penanganan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 7775:2013. Produksi ikan hias koi (Cyprinus carpio)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Budi, S., Mardiana, M., Geris, G., & Tantu, A. G. (2021). Perubahan warna ikan mas *Cyprinus carpio* dengan penambahan ekstra buah pala *Myristica argantha* pada dosis berbeda. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 21(1), 202-207. <https://doi.org/10.35965/eco.v21i1.1059>
- Candra, H., Cahyani, R. F., Noor, S., Bahid, M., & Mulyani, D. (2022). Penerapan biofilter pada air kolam budidaya ikan nila di aliran Sungai Kemuning Banjarbaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(3), 439-454. <https://doi.org/10.59004/jmas.v1i3.145>
- Comission Internationale de l'Eclairage. (2007). *CIE DS 014-4.3/E:2007 Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space*. Comission Internationale de l'Eclairage.
- Effendie, M. I. (2002). *Biologi perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama.
- Efianda, T. R., Yusnita, Najmi, N., Ananda, K. R., & Saputra, F. (2020). Pengaruh kulit buah naga (*Hylocereus polyhizus*) dalam pakan terhadap kinerja produksi ikan koi (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan Tropis*, 7(2), 107-113. <https://doi.org/10.35308/jpt.v7i2.1915>

- Firmansyah, W., Cokrowati, N., & Scabra, A. R. (2021). Pengaruh luas penampang sistem resirkulasi yang berbeda terhadap kualitas air pada pemeliharaan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 26(2), 85-93. <http://dx.doi.org/10.31258/jpk.26.2.85-93>
- Gunawan, B. S., Tang, U. M., & Syawal, H. (2020). Efisiensi penggunaan jenis filter dalam sistem resirkulasi terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan selais (*Ompok hypophthalmus*). *Jurnal Ruaya*, 8(2), 98-103. <http://dx.doi.org/10.29406/jr.v8i2.2122>
- Hadid, Y., Syaifudin, M., & Amin, M. (2014). Pengaruh salinitas terhadap daya tetas telur ikan baung (*Hemibagrus nemurus* Blkr.). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 2(1), 78-92.
- Hapsari, A. W., Hutabarat, J., & Harwanto, D. (2020). Aplikasi komposisi filter yang berbeda terhadap kualitas air, pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem resirkulasi. *Sains Akuakultur Tropis*, 4(1), 39-50. <https://doi.org/10.14710/sat.v4i1.6437>.
- Harteman, E. (2015). Korelasi panjang-berat dan faktor kondisi ikan sembilang (*Plotosus canius*) di estuaria Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika (Journal of Tropical Animal Science)*, 4(1), 6-11.
- Indradaya, H., Ismail, N. R., & Farid, A. (2020). Analisa dimensi pori *sponge* sebagai pelat penyerap terhadap kinerja *solar still double slope* tipe v. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(1), 39-43. <http://dx.doi.org/10.24127/trb.v9i1.1118>
- Jubaedah, D., Marsi, Wijayanti, M., Yulisman, Mukti, R. C., Yonarta, D., & Fitriana, E. F. (2020). Aplikasi sistem resirkulasi menggunakan filter dalam pengelolaan kualitas air budidaya ikan lele. *Jurnal Akuakultura*, 4(1), 1-5. <https://doi.org/10.35308/ja.v4i1.2436>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). *BBP3KP aktif kolaborasi dalam mendukung peningkatan produktivitas ketenagakerjaan di bidang ikan hias*. <https://kkp.go.id/artikel/42689-bbp3kp-aktif-kolaborasi-dalam-mendukung-peningkatan-produktivitas-ketenagakerjaan-di-bidang-ikan-hias>
- Koniyo, Y. (2020). Analisis kualitas air pada lokasi budidaya ikan air tawar di Kecamatan Suwawa Tengah. *Jurnal Technopreneur*, 8(1), 52-58. <https://doi.org/10.30869/jtech.v8i1.527>
- Liliyanti, M. A. & Sari, E. N. (2023). Penerapan *water treatment* untuk meningkatkan kualitas air budidaya ikan di lokasi wisata edukasi Desa Tambong Banyuwangi. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 7(1), 13-17. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v7i1.12163>
- Musfita. (2022). *Rancang bangun sistem informasi monitoring dan kontroling kualitas air pada akuarium ikan hias air tawar menggunakan Internet of Things* [Skripsi, Universitas Hasanuddin]. Universitas Hasanuddin.
- Nasir, M., & Khalil, M. (2016). Pengaruh penggunaan beberapa jenis filter alami terhadap pertumbuhan, sintasan dan kualitas air dalam pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 3(1), 33-39. <https://doi.org/10.29103/aa.v3i1.336>
- National Research Council. (1997). *Nutrient requirements of warmwater fishes*. National Academy of Science.
- Primaningtyas, A. W., Hastuti, S., & Subandiyono. (2015). Performa produksi ikan lele (*Clarias gariepinus*) yang dipelihara dalam sistem budidaya berbeda. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(4), 51-60.
- Putri, I. A. H., Lastriyanto, A., & Sulianto, A. A. (2020). Efektivitas Pengolahan limbah cair penyamakan kulit terhadap kadar BOD, COD, DO, pH, sulfida, dan krom dengan metode *deep aeration*. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(1), 35-45.

- Putriana, N., Tjahjaningsih, W., & Alamsjah, M. A. (2015). Pengaruh penambahan perasan paprika merah (*Capsicum annuum*) dalam pakan terhadap tingkat kecerahan warna ikan koi (*Cyprinus carpio* L.). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga*, 7(2), 189-194. <https://doi.org/10.20473/jipk.v7i2.11205>
- Rajagukguk, J. R. R. (2022). Analisis teknologi filter air sederhana dan teknik pemeliharaan yang layak pakai. *KALPIKA*, 19(1), 1-15.
- Rizky, T. D. A., Ezraneti, R., & Adhar, S. (2015). Pengaruh media filter pada sistem resirkulasi air untuk pemeliharaan ikan koi (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 2(2), 97-100. <https://doi.org/10.29103/aa.v2i2.341>
- Sari, W. P., Zaidy, A. B., Haryadi, J., & Krettiawan, H. (2022). Efektivitas jenis filter pada sistem resirkulasi terhadap kualitas air dan pertumbuhan panjang benih *Pangasionodon hypophthalmus*. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 16(2), 205-219. <https://doi.org/10.33378/jppik.v16i2.351>
- Triyulianti, I., Radiarta, I. N., Yunanto, A., Pradisty, N. A., Islami, F., & Putri, M. R. (2018). Sistem karbon laut di Perairan Laut Maluku dan Laut Sulawesi. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 2(3), 192-207. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2018.002.03.8>
- Viadolo, N., Pranggono, H., & Syakirin, M. B. (2016). Pengaruh penggunaan pasir malang sebagai filter dalam media air limbah batik terhadap kelangsungan hidup ikan koi (*Cyprinus carpio* Linn). *Pena Akuatika*, 14(1), 67-75. <http://dx.doi.org/10.31941/penaakuatika.v14i1.507>
- Yusuf, M., Mahasri, G., & Mufasirin. (2015). Analisis respons imun ikan koi (*Cyprinus carpio*) yang divaksin dengan whole protein spora *Myxobolus koi*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 7(1), 71-78. <https://doi.org/10.20473/jipk.v7i1.11237>