

EFEKTIVITAS PEMANFAATAN SISTEM RESIRKULASI AKUAKULTUR (RAS) TERHADAP KUALITAS AIR DALAM BUDIDAYA IKAN KOI (*Cyprinus rubrofasciatus*)**EFFECTIVITY OF RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS) ON WATER QUALITY IN KOI FISH (*Cyprinus rubrofasciatus*) FARMING****Miska Sanda Lembang*, Lie Kuing**Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Borneo Tarakan,
Jalan Amal Lama No. 1, Kota Tarakan, Kalimantan Utara 77115, Indonesia

*Korespondensi: miskalembang17@gmail.com

ABSTRACT

Koi fish is part of ornamental fish that is liked by the public. Koi fish culture is influenced by good water quality as a life medium. The problem in koi fish farming is the decline of water quality caused by pollution and the results of koi fish metabolism. The experiment methods are koi fish rearing tanks preparation, making a series of recirculation aquaculture system (RAS), stocking koi fish seeds, and measuring water quality. The RAS technology range consists of a pipe, a pump, and a filter tank consisting of an arrangement of charcoal, bioball, zeolite, and sand. For one month the maintenance of koi fish using RAS technology gave good results on the growth and quality of the cultured water. Koi fish seeds before rearing measuring 5-6 cm experienced an increase in the body length to 8.5-10.5 cm. The results of measurements of temperature, pH, and DO of koi fish culture water before recirculation include 31.2°C; 7.6; and 4.8 mg/L, respectively. After the recirculation process, the results of temperature, pH, and DO measurements were found to be 29.7°C; 7.1; and 6.0 mg/L, respectively. This shows that RAS technology can to optimize the temperature, pH, and DO of koi fish cultured water. Optimal water quality will lead to good koi fish growth.

Keywords: koi fish, ornamental fish, RAS, water quality

ABSTRAK

Ikan koi adalah salah satu jenis ikan hias yang banyak diminati oleh masyarakat. Budidaya ikan koi dipengaruhi oleh kualitas air yang berkualitas sebagai media hidup. Permasalahan dalam budidaya ikan koi adalah kualitas air yang cepat menurun yang disebabkan oleh pencemaran aktivitas lingkungan dan hasil metabolisme ikan koi. Metode kerja yang dilakukan adalah persiapan bak pemeliharaan ikan koi, pembuatan rangkaian RAS, penebaran benih ikan koi, dan pengukuran kualitas air. Rangkaian teknologi RAS terdiri dari pipa sebagai saluran air dari wadah pemeliharaan ke bak filter dan sebaliknya, pompa untuk mengalirkan air, dan bak filter yang terdiri dari susunan arang, *bioball*, zeolit, dan pasir. Selama satu bulan pemeliharaan ikan koi menggunakan teknologi RAS memberikan hasil yang baik terhadap pertumbuhan dan kualitas air budidaya. Benih ikan koi sebelum pemeliharaan berukuran 5-6 cm mengalami pertambahan panjang tubuh menjadi 8,5-10,5 cm. Hasil pengukuran suhu, pH, dan DO air rata-rata budidaya ikan koi sebelum resirkulasi masing-masing adalah 31,2°C; 7,6; dan 4,8 mg/L. Setelah dilakukan proses resirkulasi didapatkan hasil pengukuran rata-rata suhu, pH, dan DO adalah menjadi 29,7°C; 7,1; dan 6,0 mg/L. Hal ini menunjukkan teknologi RAS mampu membuat suhu, pH, dan DO air budidaya ikan koi menjadi optimal. Kualitas air yang optimal akan menyebabkan pertumbuhan ikan koi yang baik.

Kata kunci: ikan hias, ikan koi, kualitas air, RAS

PENDAHULUAN

Kegiatan budidaya ikan hias saat ini telah berkembang pesat. Hal tersebut karena permintaan pasar yang tinggi terhadap ikan hias. Ikan hias mempunyai keunggulan dalam bentuk dan warna sehingga menjadi daya tarik masyarakat. Harga ikan hias yang ekonomis membuat kegiatan budidaya menjadi peluang usaha yang menguntungkan. Keberhasilan usaha budidaya ikan hias dipengaruhi oleh benih yang berkualitas. Benih yang berkualitas sangat didukung oleh ketersediaan air yang sesuai standar mutu budidaya. Air merupakan media kehidupan bagi biota air. Hal ini dikarenakan sebagian proses kehidupan biota air terjadi di air seperti distribusi pakan, sumber oksigen, proses metabolisme (Situmorang 2017). Ikan koi merupakan ikan hias yang air tawar yang berasal dari Jepang. Ikan koi mulai banyak dikembangkan di Indonesia salah satunya adalah Kalimantan Selatan. Balai Perikanan Budidaya Air Tawar (BPBAT) Mandiangin, Kalimantan Selatan mengembangkan budidaya ikan hias seperti ikan koi dan ikan komet. Keindahan ikan koi terletak pada punggungnya yang memiliki warna dan pola yang unik (Utomo *et al.* 2006). Kendala utama dalam budidaya ikan koi adalah kualitas air yang cepat menurun, sehingga harus dilakukan pergantian air secara terus-menerus. Media air dalam sistem budidaya sangat rentan tercemar oleh berbagai aktivitas. Aktivitas lingkungan dan limbah dari daratan dapat mencemari perairan. Sistem pemberian pakan tinggi protein juga meningkatkan pencemaran amonia dalam air (Situmorang 2017).

Kualitas air yang baik membuat ikan tumbuh dengan maksimal serta mencegah timbulnya permasalahan lain seperti serangan hama dan penyakit pada ikan. Air sebagai media pemeliharaan ikan harus selalu diperhatikan kualitasnya. Usaha yang dapat dilakukan untuk menanggulangi permasalahan kualitas air adalah penggunaan sistem resirkulasi (RAS). Sistem resirkulasi pada prinsipnya adalah penggunaan kembali air yang dikeluarkan dari kegiatan budidaya (Putra *et al.* 2011). RAS adalah sistem mengolah kembali air yang digunakan, agar kualitas air tetap terjaga untuk kegiatan budidaya. Menurut Thesiana (2015), teknologi RAS mampu menjaga kualitas air seperti oksigen terlarut, amonia, nitrit, nitrat, pH, salinitas, dan padatan tersuspensi. Komponen penting

dalam teknologi RAS adalah penggunaan filter. Filter yang digunakan pada teknologi RAS disusun dari beberapa media yang terdiri dari batu biokristal, batu koral, zeolit, dan karbon aktif (Thesiana 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi RAS dengan filter zeolit, arang, kapas, koral, dan pecahan karang memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan amonia pada sistem resirkulasi (Noorjanah 2015).

Sistem RAS merupakan pemanfaatan kembali air yang sudah digunakan, dengan cara memutar air secara terus-menerus secara berulang melalui perantara sebuah filter (Fauzzia *et al.* 2013). Sistem kerja dari resirkulasi adalah air dari media pemeliharaan dialirkan melalui pipa pengeluaran air menuju media filter, setelah itu dialirkan kembali pada media pemeliharaan. Penggunaan teknologi RAS meningkatkan daya dukung media budidaya, karena air yang digunakan dapat dikontrol dengan baik, efektif dalam pemanfaatan air dan lebih ramah lingkungan untuk kehidupan maupun pertumbuhan ikan (Djokosetiyanto *et al.* 2006). Penelitian ini dilakukan untuk menguji dan menganalisis pengaruh teknologi RAS terhadap kualitas air dalam budidaya ikan koi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Februari 2021 di Balai Perikanan Budidaya Air Tawar (BPBAT) Mandiangin, Kalimantan Selatan. Metode yang digunakan adalah pengamatan langsung dan partisipasi aktif dengan teknik wawancara untuk mengetahui sarana dan prasarana balai, observasi untuk dokumentasi penelitian, dan penelitian lapangan untuk melakukan dan mengumpulkan data hasil penelitian sistem resirkulasi dan kualitas air. Adapun prosedur kerja yang dilakukan antara lain persiapan bak pemeliharaan ikan koi, pembuatan rangkaian Sistem Resirkulasi Akuakultur (RAS), penebaran benih ikan koi, dan pengukuran kualitas air secara deskriptif dan eksperimental. Analisis data kualitas air dilakukan secara deskriptif, sedangkan pertumbuhan benih ikan koi dilakukan secara kuantitatif.

Persiapan bak pemeliharaan ikan koi

Persiapan bak dilakukan sebelum benih ikan koi ditebar ke dalam bak pemeliharaan. Ukuran bak yang digunakan

adalah 4,5x3,3x1,5 m dengan kedalaman air 80-100 cm, yang dibagi menjadi 4 bak pemeliharaan dan 1 bak filter. Ukuran bak pemeliharaan disesuaikan dengan ketersediaan lahan dan kepadatan benih ikan koi. Bak pemeliharaan digunakan sebagai media untuk menampung air dan sebagai tempat budidaya ikan koi. Selanjutnya pada setiap bak pemeliharaan diberikan aerasi jenis *diffuser* sebanyak 4 titik pada setiap sudut bak seperti pada Gambar 1.

Pembuatan rangkaian Sistem Resirkulasi Akuakultur (RAS)

Rangkaian pemeliharaan ikan koi dengan teknologi RAS menggunakan alat-alat antara lain pipa sebagai saluran air dari wadah pemeliharaan ke bak filter dan sebaliknya, pompa dengan daya 275 watt dan kapasitas 40 L/menit untuk mengalirkan air, bak filter yang disusun dari atas ke bawah terdiri dari arang 6 karung, *bioball* 2 karung, zeolit 8 karung, dan pasir 3 karung (Gambar 3a). Persiapan sistem resirkulasi ini dilakukan selama 5 hari sebelum pengujian terhadap ikan koi. Desain rangkaian RAS tampak atas disajikan pada Gambar 1.

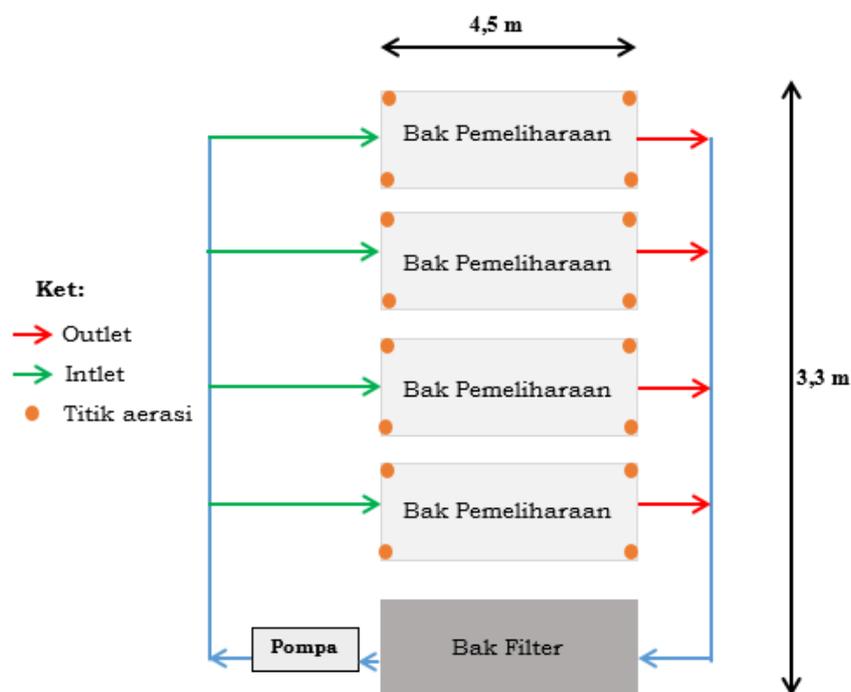
Penebaran benih ikan koi

Penebaran benih ikan koi dilakukan setelah persiapan bak pemeliharaan

dengan rangkaian RAS terlaksana dengan baik. Benih ikan koi berasal dari hasil pembenihan yang dilakukan di BPBAT Mandiangin antara induk jantan jenis Showa dengan induk betina jenis Kohaku dan Sanke. Penebaran benih ikan koi dilakukan dengan memerhatikan jumlah tebaran dan kepadatan benih pada setiap bak pemeliharaan. Benih ikan koi yang digunakan adalah yang berukuran 5-6 cm dengan jumlah 316 ekor ikan tiap bak pemeliharaan. Pemeliharaan dilakukan selama satu bulan dengan pemberian pakan komersil merk hiro dengan kandungan protein 42%, pada pagi dan sore hari secara *adlibitum*.

Pengukuran kualitas air

Parameter kualitas air yang dianalisis berdasarkan ketersediaan alat pada BPBAT Mandiangin adalah suhu menggunakan termometer, pH menggunakan pH meter, dan oksigen terlarut (DO) menggunakan DO meter. Pengukuran kualitas air dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan setelah dilakukan proses resirkulasi yaitu selama satu bulan. Hal ini dilakukan untuk menguji pengaruh resirkulasi terhadap kualitas air budidaya ikan koi. Hasil pengukuran dicatat dan dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan terhadap standar baku mutu budidaya ikan koi.



Gambar 1. Rangkaian Sistem Resirkulasi Akuakultur (RAS)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan rangkaian RAS

Rangkaian teknologi RAS yang telah disusun terdiri dari bak pemeliharaan, bak filter, pompa, serta pipa untuk mengalirkan air dalam proses RAS. Sistem resirkulasi mempunyai keunggulan dalam pengelolaan limbah budidaya sehingga mengurangi penggunaan air secara berlebihan. Sistem ini menyebabkan budidaya ikan secara intensif lebih ramah lingkungan dan hemat penggunaan air (Martins *et al.* 2010). Keuntungan lain dalam menggunakan sistem resirkulasi adalah kemampuan untuk mengontrol kualitas air setiap hari sehingga mencegah penyakit, mengurangi stres biota, meningkatkan laju pertumbuhan, dan dapat diterapkan dalam budidaya dengan padat tebar tinggi (Kamermans *et al.* 2016).

Kualitas air yang baik akan berbanding lurus terhadap pertumbuhan biota budidaya (Prayogo *et al.* 2012). Hal terpenting dari rangkaian RAS adalah filter yang digunakan yaitu diantaranya arang, *bioball*, zeolit, dan pasir. Filter tersebut berfungsi untuk membersihkan limbah dari bak pemeliharaan, sehingga air dari bak filter dialirkan kembali ke bak pemeliharaan. Filter berperan dalam pengolahan air untuk menghilangkan polutan sehingga kualitas air dapat terjaga selama pemeliharaan (Thesiana *et al.* 2020). Berikut adalah rangkaian RAS yang digunakan (Gambar 2).

Pemilihan filter-filter yang disusun dari atas ke bawah terdiri dari arang, *bioball*, zeolit, dan pasir didasarkan pada kemampuannya dalam menjaga kualitas air. Menurut (Alem *et al.* 2018) filter arang memberikan hasil yang terbaik dalam mengurangkan konsentrasi amonia. Filter *bioball* dalam dalam teknologi RAS meningkatkan pertumbuhan dan kelulushidupan ikan selais (*O. hypopthalmus*) (Sasmito *et al.* 2020). Filter RAS yang disusun dari zeolit mampu menghasilkan kualitas air yang layak pada pendederan lobster (*Panulirus homarus*). Zeolit berperan sebagai filter kimia dengan sistem pertukaran ion. Zat-zat limbah budidaya yang mengenai zeolit akan melakukan pertukaran ion pada zeolit (Thesiana 2015). Setiap filter mempunyai peran masing-masing dalam menjaga kualitas air. Oleh karena itu, penggunaan

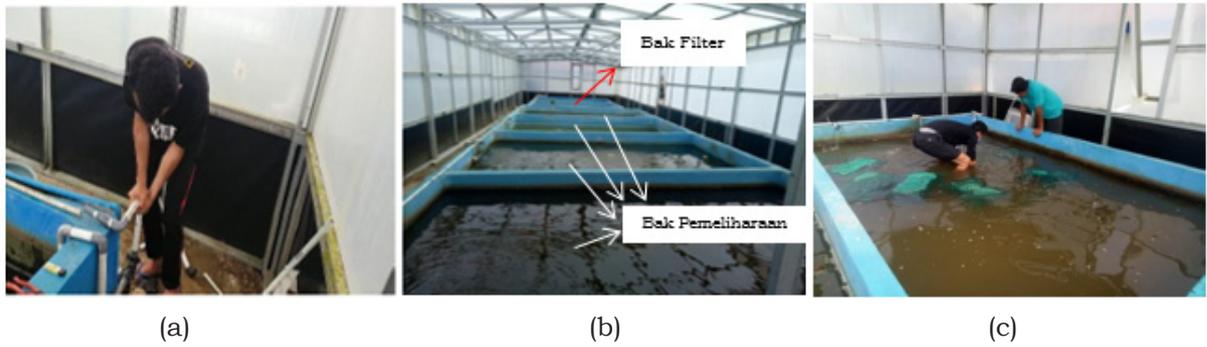
variasi filter dalam teknologi RAS lebih baik dalam mengurangi pencemaran fisik dan kimiawi. Filter fisik seperti pasir digunakan untuk menahan padatan dari air berdasarkan ukuran seperti daun, kayu, dan lain-lain. Arang dan zeolit berperan sebagai filter kimiawi. Arang berfungsi menghilangkan klorin, sedimen, bau, dan senyawa organik. Zeolit juga adalah filter kimia yang mampu mengurangi polutan kimia di perairan (Endarko *et al.* 2013). Prinsip kerja zeolit adalah pertukaran ion. Zeolit merupakan penukar kation yang efektif pada budidaya air tawar (Silaban *et al.* 2012). Bak-bak pemeliharaan dan bak filter dihubungkan dengan pipa PVC yang dirangkai. Berikut adalah susunan filter dan proses persiapan bak filter (Gambar 3).

Pemeliharaan ikan koi

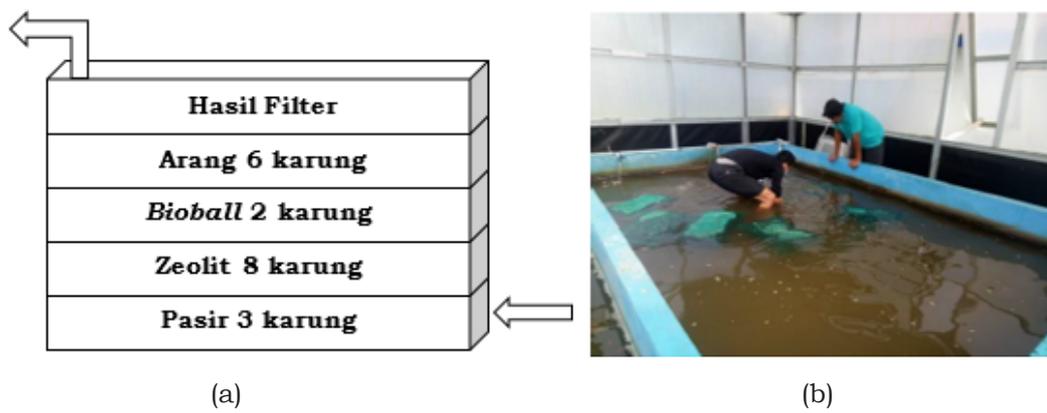
Setelah persiapan rangkaian RAS telah tersusun maka dilakukan penebaran benih ikan koi yang diaklimatisasi terlebih dahulu, untuk adaptasi lingkungan baru. Pemeliharaan dilakukan dengan pemberian pakan komersial dua kali yaitu ketika pagi dan sore secara *adlibitum*. Berikut adalah ikan koi pada bak pemeliharaan (Gambar 4). Pakan komersial umumnya banyak digunakan karena mudah untuk didapatkan serta mempunyai kandungan protein 35%, lemak 5%, dan serat 3% yang dibutuhkan ikan koi dalam pertumbuhannya (Kusrini *et al.* 2015). Pertumbuhan benih ikan koi terlihat dari adanya pertambahan panjang ikan koi selama pemeliharaan. Pemeliharaan benih ikan koi selama satu bulan didapatkan rata-rata ukuran 8,5-10,5 cm dengan kelangsungan hidup rata-rata dari setiap bak pemeliharaan 100%. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang baik dapat terjadi karena terjaganya kualitas air, sehingga mengurangi bakteri penyebab penyakit dan mampu mengurangi stress pada ikan.

Pengukuran kualitas air

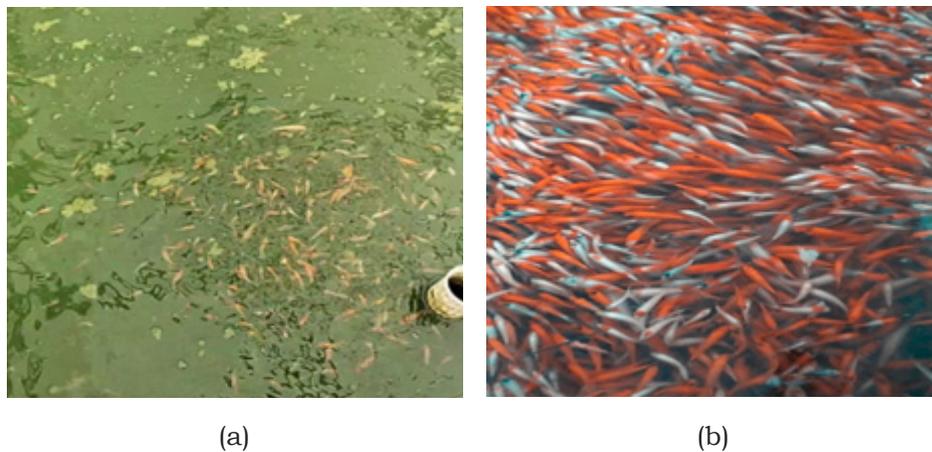
Parameter kualitas air yang dianalisis adalah suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO). Pengukuran kualitas air dilakukan sebelum dan setelah dilakukan proses resirkulasi. Berikut adalah hasil pengukuran kualitas air (Gambar 5).



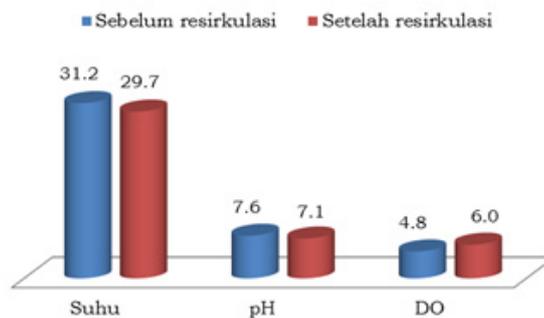
Gambar 2. Rangkaian sistem RAS, (a) Pipa aliran air (b) Bak pemeliharaan (c) Bak filter



Gambar 3. Bak filter, (a) Susunan filter RAS (b) Penyusunan filter



Gambar 4. Ikan koi, (a) Pemberian pakan (b) Ukuran setelah satu bulan pemeliharaan



Gambar 5. Hasil pengukuran kualitas air

Suhu

Suhu dalam budidaya ikan koi sangat fluktuatif dikarenakan pengaruh cuaca pada lokasi budidaya. Menurut BSN (1999), suhu optimal dalam budidaya ikan adalah antara 25-30°C. Hasil pengukuran suhu air budidaya ikan koi sebelum resirkulasi adalah 31,2°C. Berdasarkan hasil tersebut suhu sebelum resirkulasi tidak pada suhu yang optimal bagi kelangsungan hidup ikan koi. Suhu yang tinggi akan menyebabkan ikan mengalami stres dan mudah terserang penyakit. Suhu bersifat fluktuatif yang didasarkan oleh kondisi lingkungan yaitu apabila cuaca hujan maka suhu akan turun, demikian sebaliknya. Setelah dilakukan proses resirkulasi didapatkan hasil pengukuran suhu 29,7°C. Hal ini menunjukkan pengukuran suhu setelah proses resirkulasi lebih baik. Sistem resirkulasi menyebabkan pergerakan air sehingga suhu menjadi stabil dan merata (Jumaidi *et al.* 2016). Suhu yang optimal akan membuat ikan koi dapat bertumbuh dengan baik. Menurut Jumaidi *et al.* (2016), suhu yang tinggi akan meningkatkan laju metabolisme ikan, sehingga penggunaan oksigen terlarut meningkat hal ini menyebabkan penurunan oksigen terlarut di perairan. Sementara suhu yang terlalu rendah akan menurunkan laju metabolisme ikan sehingga dapat menurunkan nafsu makan pada ikan.

Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah sebagai gambaran kandungan garam mineral di air. Nilai pH menunjukkan kondisi perairan asam, netral, atau basa. Nilai optimal untuk budidaya perairan pada umumnya adalah pH netral yaitu 6-8 (Arifin 2016) dan untuk budidaya ikan koi adalah 6,5-8,5 (Rizky *et al.* 2015). Hasil pengukuran air budidaya ikan koi sebelum resirkulasi adalah 7,6. Setelah proses resirkulasi terjadi penurunan nilai pH menjadi 7,1. Penurunan suhu akan menyebabkan penurunan pH hal ini sesuai pada gambar 5, yaitu setelah proses resirkulasi terjadi penurunan suhu sehingga nilai pH juga turun. Berdasarkan hasil tersebut terlihat nilai pH masih pada rentang kelayakan budidaya ikan koi. Namun, proses resirkulasi mampu menurunkan nilai pH menjadi netral.

Sebelum resirkulasi, aktivitas biota perairan masih rendah sehingga laju respirasi belum meningkat sehingga

pH cenderung tinggi. Pada saat proses pemeliharaan dengan padat tebar ikan koi tinggi yaitu 316 ekor per bak pemeliharaan, akan meningkatkan laju respirasi sehingga akan menurunkan nilai pH. Akan tetapi, selama proses pemeliharaan menunjukkan nilai pH selama satu bulan tidak turun signifikan dan tetap stabil. Hal ini dikarenakan proses resirkulasi dengan filter RAS mampu menjaga kestabilan pH. Zeolit berperan dalam menjaga kestabilan pH dikarenakan bermuatan negatif, sehingga mampu menyeimbangkan ion dengan mengikat ion-ion $[H^+]$ di perairan, sehingga mencegah penurunan pH yang drastis (Heriyani dan Mugisidi 2016).

Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pH dan suhu. Hal ini dikarenakan adanya proses fotosintesis fitoplankton pada siang hari, oleh karena itu dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut. Menurut Boyd & Tucker (1998), konsentrasi oksigen terlarut yang baik untuk budidaya perairan adalah >5 mg/L, untuk budidaya ikan koi adalah 5,9-6,9 mg/L (Sutiana *et al.* 2017). Oksigen terlarut (DO) diperlukan untuk proses pernapasan biota budidaya, metabolisme pertumbuhan, proses oksidasi limbah organik dan anorganik secara aerobik. Hasil pengukuran DO sebelum resirkulasi adalah 4,8 mg/L dan setelah resirkulasi menjadi 6,0 mg/L. Berdasarkan hasil tersebut nilai DO sebelum resirkulasi kurang optimal untuk budidaya ikan koi. Sedangkan setelah proses resirkulasi nilai DO meningkat menjadi 6,0 mg/L. Teknologi RAS meningkatkan nilai DO dikarenakan kualitas air yang baik akibat proses filtrasi limbah air budidaya. Proses filtrasi akan mengurangi limbah budidaya seperti sisa pakan dan sisa metabolisme ikan. Limbah budidaya tersebut dapat mengurangi kadar oksigen karena proses oksidasi bakteri secara aerob menggunakan oksigen dalam mengurai limbah tersebut. Oleh karena itu, oksigen terlarut di perairan menjadi rendah. Sistem resirkulasi juga membuat penyebaran oksigen terlarut di perairan menjadi merata sehingga menjaga kestabilan oksigen terlarut. Oksigen yang tinggi sangat penting bagi pertumbuhan ikan koi karena dibutuhkan dalam proses metabolisme. Oksigen yang kurang akan menyebabkan ikan mengalami stres karena otak tidak mendapatkan oksigen yang cukup. Keadaan

terparah adalah menyebabkan kematian akibat tidak adanya oksigen untuk proses pernapasan (Siegiers *et al.* 2019).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa teknologi RAS dengan filter arang, *bioball*, zeolit, dan pasir mampu menjaga kualitas air suhu, pH, dan DO. Teknologi RAS dapat menstabilkan suhu, pH, dan DO sesuai standar kualitas air budidaya ikan koi.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut efektivitas teknologi RAS untuk pemeliharaan yang lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Perikanan Budidaya Air Tawar (BPBAT) Mandiangin Kalimantan Selatan, sebagai lokasi dilakukannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alem MDB, Efendi E, Wardiyanto, Sarwon HA. 2018. Studi Pengurangan Ammonia pada Pendederan Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) dengan Sistem Resirkulasi. *Jurnal Sains Teknologi Akuakultur*. 2(2): 41-47.
- Arifin MY. 2016. Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) Strain Merah dan Strain Hitam yang Dipelihara pada Media Bersalininitas. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 16(1): 159-166.
- Boyd CE, Tucker CS. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. New York. Springer.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1999. *Produksi Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio Linneaus) Strain Sinyonya Kelas Benih Sebar*. Jakarta.
- Djokosetiyanto DA, Sunarma, Widanarni. 2006. Perubahan Ammonia (NH₃-N), Nitrit (NO₂-N) dan Nitrat (NO₃-N) pada Media Pemeliharaan Ikan Nila Merah (*Oreochromis sp.*) di dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 5: 13-20.
- Endarko, Putro T, Nuzula NI, Armawati N, Wardana A, Rubiyanto A, Muntini MS. 2013. Rancang Bangun Sistem Penjernihan dan Dekontaminasi Air Sungai Berbasis Biosand Filter dan Lampu Ultraviolet. *Berkala Fisika*. 16(3): 75-84.
- Fauzzia M, Izza R, Nyoman W. 2013. Penyisihan Amonia dan Kekeruhan pada Sistem Resirkulasi Budidaya Kepiting dengan Teknologi Membran Biofilter. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2: 155-161.
- Heriyani O, Mugisidi. 2016. Pengaruh Karbon Aktif dan Zeolit pada pH Hasil Filtrasi Air Banjir. *Seminar Nasional Teknoka FT UHAMKA*. ISBN: 978-602-73919-0-1.
- Jumaidi A, Yulianto H, Efendi E. 2016. Pengaruh Debit Air terhadap Perbaikan Kualitas Air pada Sistem Resirkulasi dan Hubungannya dengan Sintasan dan Pertumbuhan Benih Ikan Gurame (*Oshpronemus gouramy*). *E-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 5(1): 587-596.
- Kamermans P, Blanco A, Joaquim S, Matias D, Magnesen T, Nicolas JL, Petton B, Robert R. 2016. Recirculation Nursery Systems for Bivalves. *Aquaculture International*. 24: 827-842.
- Kusrini E, Cindelas S, Prasetyo AB. 2015. Pengembangan Budidaya Ikan Hias Koi (*Cyprinus carpio*) Local di Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias Depok. *Media Akuakultur*. 10(2): 71-78.
- Martins CIM, Eding EH, Verdegem MCJ, Heinsbroek LTN, Schneider O, Blancheton JP, d'Orbcastel ER, Verrerth JAJ. 2010. New Development in Recirculating Aquaculture System in Europe: A Perspective on Environmental Sustainability. *Aquaculture Engineering*. 43: 83-93.
- Noorjanah F. 2015. Reduksi Amonia pada Sistem Resirkulasi. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 4(1): 427-432.
- Putra I, Setiyanto DD, Wahjuningrum D. 2011. Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila *Oreochromis niloticus* dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 16(1):56-63.
- Prayogo, Beodi SR, Abdul M. 2012. Eksploritansi Bakteri Indigen pada

- Pembenihan Ikan Lele Dumbo (*Clarias sp.*) Sistem Resirkulasi Tertutup. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4(2): 193-197.
- Rizky TDA, Ezraneti R, Adhar S. 2015. Pengaruh Media Filter pada Sistem Resirkulasi Air untuk Pemeliharaan Ikan Koi (*Cyprinus carpio* L). *Acta Aquatica*. 2(2): 97-100.
- Sasmito GB, Tang UM, Syawal H. 2000. Efisiensi Penggunaan Jenis Filter dalam Sistem Resirkulasi terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Ikan Seleais (*Ompok hypophthalmus*). *Jurnal Ruaya*. 8(2); 98-103.
- Siegers WH, Prayitno Y, Sari A. 2019. Pengaruh Kualitas Air terhadap Pertumbuhan Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis sp.*) pada Tambak Payau. *The Journals of Fisheries Development*. 3(2): 95-104.
- Silaban TF, Santoso L, Suparmono. 2012. Dalam Peningkatan Kinerja Filter Air untuk Menurunkan Konsentrasi Amonia pada Pemeliharaan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 1(1): 47-56.
- Situmorang RF. 2017. Pengolahan Air Menggunakan Adsorben Magnetik Kitosan. DOI: 10.5281/zenodo133838. [2 Maret 2021].
- Sutiana, Erlangga, Zulfiqar. 2017. Pengaruh Dosis Hormon rGH dan Tiroksin dalam Pakan Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Koi (*Cyprinus carpio* L). *Acta Aquatica*. 4(2): 76-82.
- Thesiana L. 2015. Uji Performansi Teknologi *Recirculating Aquaculture System* (RAS). *Jurnal Kelautan Nasional*. 10(2): 65-73.
- Thesiana L, Adiyana K, Zulkarnain R, Moersidik SS, Gusniani I, Supriyono E. 2020. Ecofriendly Land-Based Spiny Lobster (*Panulirus sp.*) Rearing with Biofilter application in *Recirculating Aquaculture System*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 404 (2020) 012082.
- Utomo NBP, Carman O, Fitriyati N. 2006. Pengaruh Penambahan *Spirulina platensis* dengan Kadar Berbeda pada Pakan terhadap Tingkat Intensitas Warna Merah pada Ikan Koi Kohaku (*Cyprinus carpio* L). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 5(1): 1-4.