



Implementasi Sistem Pendukung Kehidupan Kompleks untuk Komunitas Ikan Karang di Oseanarium Silinder

Nanda Radhitia Prasetiawan^{1*}, Ma'muri², Agus Setiawan³, Ratna Amalia Kurniasih⁴, Rikha Bramawanto⁵, Usep Mulyadi⁶ 

^{1,2,3,5} Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta, Indonesia

⁴ Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL), DJPB, KKP, Serang, Indonesia

⁶ Pusat Riset Kelautan, BRSDM KP, KKP, Jakarta, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received August 19, 2022

Revised August 22, 2022

Accepted March 14, 2023

Available online April 25, 2023

Kata Kunci:

Ikan Hias, Oseanarium Silindris, Plankton, Penyakit, Sistem Penyangga Kehidupan

Keywords:

Ornamental Fish, Cylindrical Oceanarium, Plankton, Diseases, Live Support System



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganeshia.

ABSTRAK

Oseanarium merupakan fasilitas eduwisata dengan potensi sebagai media konservasi eksitu. Oseanarium memerlukan berbagai teknologi untuk menjaga kualitas air dan lingkungan agar sesuai untuk pemeliharaan suatu komunitas ikan tertentu. Makalah ini bertujuan memberikan gambaran tentang sistem penyangga kehidupan yang digunakan pada oseanarium silindris, komposisi serta karakteristik koleksi ikan, dan aspek pemeliharaannya. Inventarisasi dilakukan terhadap komponen penyusun sistem penyangga kehidupan; kualitas air serta diukur; komunitas ikan yang ada diidentifikasi, diamati perilakunya serta ditentukan komposisinya berdasarkan status konservasi, kebiasaan makan dan status pengelolaannya; komunitas plankton pada air, penyakit dan ektoparasit pada koleksi ikan diidentifikasi; preferensi pakan ikan ditentukan melalui observasi langsung. Oseanarium silindris menggunakan pencahayaan buatan dan penyangga kehidupan kompleks berupa sistem resirkulasi dengan sump yang dilengkapi filter fisik, biologis, sand filter, protein skimmer dan generator ozon. Komponen-komponen dihubungkan dengan jaringan pemipaan sehingga sirkulasi air berjalan secara kontinu. Pergantian air parsial diterapkan untuk menjaga kualitas air. Sistem tersebut dapat memenuhi kriteria fisik air dan telah digunakan sebagai media hidup bagi 16 jenis ikan karang yang sebagian besar merupakan omnivora serta planktivora dengan status konservasi IUCN LC. Ikan mengkonsumsi pakan segar dan buatan serta menunjukkan perilaku yang berbeda-beda pada lingkungan oseanarium. Teridentifikasi 10 genus plankton dengan kaenekaragaman sedang ($H': 2,02$) dimana *Trichodesmium* sp. sebagai jenis dengan kelimpahan tertinggi. Terdapat infestasi tingkat rendah dari parasit *Neobenedia* sp. pada 3 jenis ikan serta kasus *exophthalmia*. Sistem penyangga kehidupan dapat digunakan dalam pemeliharaan polikultur terhadap komunitas ikan karang dengan keragaman sedang yang didalamnya berisikan ikan kategori indikator kesehatan karang.

ABSTRACT

Oceanarium is an edutourism facility with potential as a medium for ex-situ conservation. Oceanariums require various technologies to maintain water quality and an environment suitable for the fish community inside. This paper aims to provide an overview of the life support system used in the cylindrical oceanarium, the composition and characteristics of the fish collection, and aspects of its care. Inventory is carried out on the components of the life support system; water quality is measured; fish communities are identified, the behavior of fish is observed and their composition is determined based on the conservation status, food habits, and status; plankton communities in water, diseases and ectoparasites in fish collections were identified; and feed preferences of fish are determined through direct observation. The cylindrical oceanarium uses a complex recirculation system with a sump equipped with physical, biological, sand filters, protein skimmers, and ozone generators. The components are connected by a pipe network so that the water circulation runs continuously. Partial water change is applied to maintain water quality. The system can meet the physical criteria of water and has been used as a living medium for 16 coral-reef fish species, most of which are omnivores and planktivores with IUCN LC conservation status. Fish consume fresh and artificial feed and show different behavior in the oceanarium environment. 10 genera of plankton are identified with moderate diversity ($H': 2.02$) where *Trichodesmium* sp. is the species with the highest abundance. There is a low level of infestation of the *Neobenedia* sp. and *exophthalmia* cases. Life support systems can be used for polyculture of moderately diverse reef fish communities which contain coral reef indicator species.

1. PENDAHULUAN

Akuarium publik dibangun di berbagai negara sebagai tempat pemeliharaan untuk berbagai biota perairan, eduwisata bagi pengunjung dan beberapa diantaranya digunakan untuk keperluan riset serta

*Corresponding author.

E-mail addresses: nr.prasetiawan@gmail.com (Nanda Radhitia Prasetiawan)

konservasi (Andrews, 2018; Buckley, Crook, Pillans, Smith, & Kyne, 2018; Dumilah & Santoso, 2022; Harisdani & Deo Riza Sativa, 2020; Ngueku, 2014). Akuarium juga merupakan tempat yang ideal bagi riset pemeliharaan, siklus hidup, reproduksi, perilaku, autoekologi dan patologi ikan (Dodaro, 2022; Karydis, 2011; Maulana, Zairin Jr., Alimuddin, Abadi, & Fitrih, 2020; Maurer, Dawson, Boles, Knight, & Stamper, 2020; Nam, Seo, Hwang, & Kim, 2020) Akuarium publik air laut dikenal juga sebagai oseanarium menampilkan lingkungan perairan laut beserta aneka ragam ikan yang dapat diamati perilakunya serta memungkinkan adanya interaksi dengan biota-biota tersebut (Ogle, 2016; Wulandari, Kridarso, Rahma, Madina, & Safitri, 2020). Beberapa akuarium publik terkemuka adalah Georgia aquarium, Dubai Aquarium, Okinawa Chaurami Aquarium, S.E.A. Aquarium serta Monterey Bay Aquarium yang banyak dimanfaatkan untuk keperluan riset dan edukasi (Kuhn et al., 2020; Scott & Sulsberger, 2019). Adapun akuarium terbesar saat ini adalah Hengqin Ocean Kingdom dengan volume mencapai 12,87 juta US gallon air (Guinness World Record, 2014). Sedangkan akuarium publik yang ada di Indonesia diantaranya adalah SeaWorld Indonesia dan Jakarta Aquarium. Akuarium-akuarium publik tersebut menjadi wahana yang menarik dan diminati oleh masyarakat (Çelik & Yalcin Ülger, 2020; Collins et al., 2021).

Oseanarium memiliki berbagai bentuk seperti *tunnel*, kubik, dan silindris (Larasati, Purnomo, & Hardiyati, 2018; Reynolds Polymer Technology, 2014). Tempat hidup atau wadah tersebut adalah aspek penting dari kesejahteraan hewan pada lingkungan pemeliharaan (Ma, Kang, Lee, Kim, & Han, 2022; Maierdiyali, Wang, Luo, & Li, 2020; Toni et al., 2019). Oseanarium silindris memiliki bentuk sebagaimana tabung sehingga isinya dapat terlihat dari segala arah melalui sisi melingkarnya. Akuarium dengan bentuk melingkar merupakan wadah budidaya yang baik karena menyediakan lingkungan yang seragam, mengoptimalkan kondisi kesehatan ikan serta memungkinkan terbuangnya endapan kotoran secara langsung dan cepat (Caasi, Barnes, & Barnes, 2020; Timmons, Summerfelt, & Vinci, 1998). Selain itu bentuk melingkar dapat menjadi pilihan terbaik jika diperlukan adanya penanganan khusus pada ikan dimana bentuk ini meminimalisir terlukanya ikan, pola aliran yang lebih stabil, distribusi oksigen terlarut dan metabolit yang lebih homogen serta sirkulasi dapat dengan mudah diinduksi (Karydis, 2011; Oca & Masalo, 2012).

Berbeda dengan akuarium air tawar ataupun budidaya ikan konvensional, oseanarium dengan volume air yang cukup besar memerlukan sistem serta berbagai teknologi dan peralatan peyanga kehidupan yang seringkali lebih kompleks (Gomes et al., 2020; Savsar, 2019). Sistem tersebut diperlukan untuk menjamin agar kualitas air dan lingkungan sesuai untuk ikan yang dipelihara. Pengelolaan oseanarium juga merupakan hubungan antara ilmu dan seni serta keterampilan dalam manajemen kualitas air, pemeliharaan biota, riwayat hidup, parasit, dan pengobatan penyakit (Marchio, 2018; Penning et al., 2009). Komunitas ikan yang dipelihara pada suatu oseanarium juga dapat disesuaikan dengan tema atau konsep tertentu. Semakin beragam jenis ikan maka akan semakin menarik bagi pengunjung, akan tetapi hal tersebut merupakan suatu tantangan bagi pengelola ataupun akuaris (Cracknell, White, Pahl, Nichols, & Depledge, 2016; Holmberg, 2022). Kesesuaian karakteristik antar jenis ikan yang dipelihara pada akuarium juga menjadi aspek yang dipertimbangkan agar ikan tidak agresif (Cooke & Tonkins, 2015; Oldfield, 2011). Setiap jenis ikan merespon ataupun memerlukan kebutuhan makanan, pencahayaan dan kondisi yang berbeda-beda serta habitat tertentu pada akuarium (Brereton, 2020; Chogale, Pagarkar, Metar, & Satam, 2020; Franke, Brüning, Hölker, & Kloas, 2013). Oleh karenanya pemeliharaan koleksi yang tersusun atas berbagai jenis ikan dengan kebiasaan makan dan karakter yang berbeda-beda pada suatu akuarium tidaklah mudah. Secara umum beberapa famili ikan sulit untuk dipelihara diluar habitat aslinya seperti Chaetodontidae yang merupakan ikan indikator kesehatan karang (Kumar, Dhaneesh, Arumugam, & Balasubramanian, 2008; Perez, dos Santos, & Martins, 2022).

Perkembangan terkait teknologi, teknik dan manajemen pemeliharaan ikan hias air laut dapat dimanfaatkan dalam budidaya serta pada aktivitas hobi akuarium yang saat ini populer dan tengah berkembang dengan pesat (Caasi et al., 2020; Livengood & Chapman, 2007). Disisi lain belum banyak laporan ataupun ulasan terkait aspek teknis dari sistem penyangga kehidupan yang digunakan pada oseanarium publik di Indonesia beserta aspek biologi dari biota yang terdapat didalamnya. Makalah ini bertujuan memberikan gambaran terhadap komponen-komponen utama yang digunakan pada sistem penyangga kehidupan yang kompleks, karakteristik koleksi ikan, faktor lingkungan dan pemeliharaan pada suatu oseanarium silindris yang berisikan komunitas ikan karang yang memiliki kebiasaan makan yang berbeda-beda dengan ikan indikator kesehatan karang didalamnya.

2. METODE

Riset yang dilakukan pada November 2021 ini melibatkan peneliti, perekayasa dan pengendali hama dan penyakit ikan dengan objek berupa *Schooling Aquarium* yang merupakan suatu oseanarium silindris pada Pangandaran Integrated Aquarium and Marine Research Institute (PIAMARI) dengan volume

137.000 liter beserta komunitas biota didalamnya, hal ini dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan aspek yang dikaji meliputi sistem penyangga kehidupan, komunitas ikan, komunitas plankton, penyakit dan preferensi pakan yang merupakan aspek pemeliharaan pada oseanarium silindris. Pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi langsung terhadap oseanarium silindris, air dan komunitas biota yang ada didalamnya. Teknologi dan komponen penyusun sistem penyangga kehidupan dari oseanarium diidentifikasi ukuran ataupun kapasitasnya, didokumentasikan dan dideskripsikan dalam bentuk skema. Kualitas air oseanarium yang meliputi suhu, pH dan oksigen terlarut (DO) diukur secara insitu pada bagian display dengan *water quality checker* Lutron Wa-2017SD; serta sanitas dengan refraktometer. Pengukuran alkalinitas dan *total organic matter* (TOM) dilakukan terhadap sampel air yang diambil dari bagian display dengan menggunakan metode titrimetric. Sedangkan kadar nitrit dan fosfat diukur menggunakan smart kit. Kadar nitrat diukur dengan metode spektrofotometri pada laboratorium Balai Pengujian Penyakit Ikan dan Lingkungan.

Komunitas ikan pada oseanarium ditentukan dengan mengacu pada metode *stationary visual census* untuk komunitas ikan karang (Hill & Wilkinson, 2004) dimana jenis-jenis ikan yang ada didalam oseanarium silindris diidentifikasi dan dihitung jumlahnya oleh pengamat dari luar akuarium. Identifikasi jenis ikan menggunakan buku petunjuk identifikasi (Allen, Steene, Humann, & Deloach, 2003). Jenis-jenis ikan kemudian dikategorikan berdasarkan status konservasinya menurut IUCN pada laman IUCNRedList.org [*Data Deficient* (DD), *Least Concern* (LC), *Near Threatened* (NT), *Vulnerable* (VU), *Endangered* (EN), *Critically Endangered* (CR), *Extinct in The Wild* (EW), *Extinct* (EX)] dan kebiasaan makannya berdasarkan data pada laman FishBase.se. Komunitas plankton pada oseanarium ditentukan genus dan kepadatannya melalui pengambilan sampel air dari oseanarium yang diawetkan dengan iodine dan kemudian diuji di laboratorium Balai Pengujian Penyakit Ikan dan Lingkungan dengan metode konvensional memanfaatkan *Sedgewick Rafter* dan mikroskop Olympus CKX31. Genus dari plankton diidentifikasi dengan petunjuk identifikasi (Bellinger & Sigeo, 2010; Kraberg, Baumann, & Dürselen, 2010; Yamaji, 1979). Infestasi ektoparasit pada ikan ditentukan melalui pengambilan sampel secara *non lethal* pada insang dan kulit dengan teknik *gill biopsy* dan *skin scrapping* secara *wet mount* menggunakan larutan NaCl. Pengamatan parasit menggunakan mikroskop Olympus CX21 dan didokumentasikan dengan bantuan kamera Optilab. Petunjuk identifikasi parasit yang digunakan adalah (Hoffman, 1999; Ihwan et al., 2016; Sumuduni, Munasinghe, & Arulkanthan, 2020; Zafran, Koesharyani, Sugama, Ikenoue, & Hatai, 2005).

Hasil penelitian dianalisis secara deskriptif. Komunitas ikan dan plankton pada oseanarium dinyatakan dalam persentase komposisi dan keanekaragamannya dengan indeks ekologi yang meliputi indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dan indeks Dominansi (C) sebagaimana rumus berikut:

$$\text{Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener } (H') = \sum P_i \ln P_i \quad (1)$$

$$\text{Indeks dominansi } C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N}\right)^2 \quad (2)$$

Keterangan: $P_i = n_i/N$; n_i = Jumlah individu jenis i ; N = Jumlah total individu

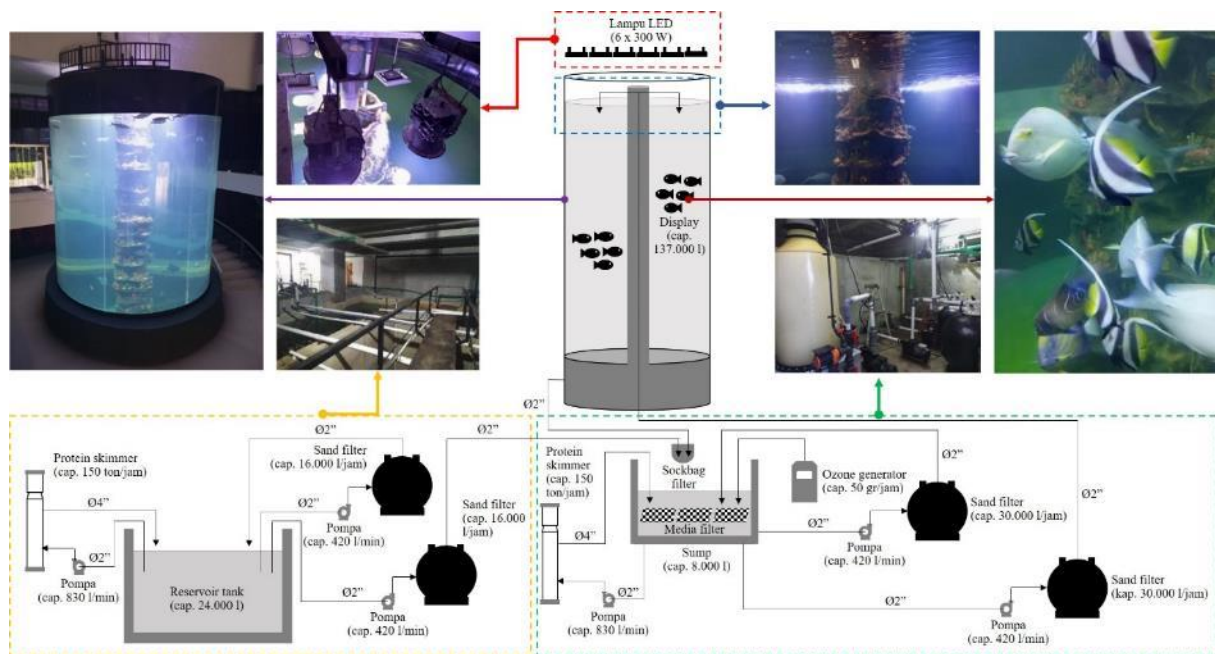
Kualitas air pada oseanarium yang ditopang oleh sistem penyangga kehidupan dan sebagai media pemeliharaan ikan di bandingkan dengan kriteria pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 21 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan lingkungan hidup. Keberadaan ektoparasit dan penyakit yang ditemukan pada oseanarium silindris dibandingkan dengan berbagai hasil penelitian terdahulu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Oseanarium silindris menggunakan sistem resirkulasi dengan *sump* yang dilengkapi kombinasi filter fisik berupa *sockbag filter*, *sand filter*, *protein skimmer*; filter biologi serta generator ozon (Gambar 1). Bagian utama dari sistem adalah berupa akuarium display berbentuk silindris / tabung berbahan akrilik dengan volume 137.000 liter yang merupakan tempat hidup bagi koleksi ikan. *Sump* berada dibawah akuarium display sehingga air dapat mengalir secara gravitasi. Sebelum masuk kedalam *sump*, air terlebih dahulu melewati filter fisik yaitu *sockbag filter*. *Sump* dilengkapi dengan filter biologis berupa pecahan karang dan *bioball*. Air di dalam *sump* disaring secara kontinu dengan *sand filter* dan *protein skimmer* dan dikembalikan lagi ke dalam *sump*. Di dalam *sump* juga dilakukan penambah ozon pada air dengan generator ozon. Air hasil olahan ini akan dipompakan menuju ke akuarium display dengan melalui *sand filter* terlebih dahulu. Pencahayaan buatan yang digunakan berupa lampu LED yang terpasang diatas akuarium display. Agar sistem penyangga kehidupan dari oseanarium silindris ini dapat bekerja secara resirkulasi, maka seluruh komponen utama dihubungkan dengan jaringan perpipaan. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa

PVC dan HDPE dimana kedua jenis pipa ini tahan terhadap korosi sehingga dapat diaplikasikan untuk mengalirkan air laut.



Gambar 1. Skema Desain Sistem Penyangga Kehidupan (*Life Support Systems*) dari Oseanarium Silindris dengan Sistem Pemipaan dan Seluruh Komponen Utama

Sumber air laut yang digunakan berasal dari perairan Pangandaran yang disedot menuju kedalam kolam penampungan dengan melalui proses penyaringan. Air pada kolam penampungan disaring secara kontinu dengan *sand filter* dan *protein skimmer* dan dikembalikan lagi ke kolam penampungan. Dari kolam penampungan, air dipompakan menuju kedalam sump oseanarium silindris dengan melalui *sand filter* sehingga air yang digunakan telah melalui beberapa tahap filtrasi. Pengukuran dan monitoring dilakukan untuk mengetahui dinamika kualitas air pada oseanarium yang ditopang oleh sistem penyangga kehidupan. Sebagian besar parameter fisik air memenuhi kriteria untuk pemeliharaan ikan, hasil ini tersaji pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Kualitas Air pada Oseanarium Silindris

Parameter	Oseanarium Silindris	Kriteria Bagi Biota Laut	Kriteria Bagi Fitoplankton
Suhu (°C)	28,9	28-30*	20-30**
Salinitas (‰)	33	33-34*	25-32***
pH	8,1	>5*	5,5-8,5****
DO (mg/l)	7,64	7-8,5*	-
Nitrat (mg/l)	0,428	0,06*	0,9-3,5*****
Fosfat (mg/l)	0,428	0,015*	0,09-1,8*****
Nitrit (mg/l)	ttd	-	-
Alkalinitas (mg/l)	121,39	-	-
TOM (mg/l)	80,21	-	-

Keterangan: *(Pemerintah Republik Indonesia, 2021); *(D. Sofarini, 2012); *(Faturrohman, Sunarto, & Nurruhwati, 2016); *(Widiana, 2012); *(Permatasari, Djuwito, & Irwani, 2016)

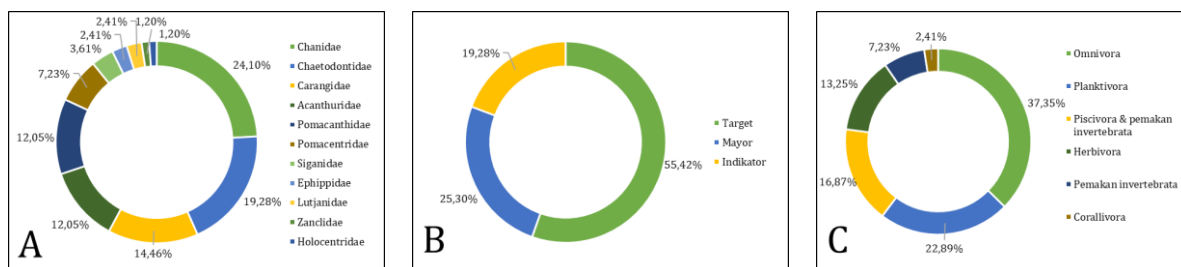
16 jenis ikan dari 11 famili dipelihara sebagai koleksi pada oseanarium silindris dapat dilihat pada [Tabel 2](#). Keanekaragaman ikan pada oseanarium tergolong sedang (H' : 2,35) dengan dominansi yang rendah (C : 0,13). Sebagian besar (96,39%) koleksi tergolong berstatus LC dan sisanya yang merupakan *D. trimaculatus* berstatus VU (3,61%). Kepadatan ikan pada oseanarium silindris adalah 0,62 ikan/ m³.

Tabel 2. Jenis-Jenis Ikan yang dipelihara pada Oseanarium Silindris

Ordo	Famili	Spesies	Kebiasaan makan	Status konservasi
------	--------	---------	-----------------	-------------------

	Acanthuridae	<i>Acanthurus lineatus</i>	Omnivora	LC
		<i>Acanthurus</i> sp.	Herbivora	LC
		<i>Chaetodon auriga</i>	Omnivora	LC
	Chaetodontidae	<i>Chaetodon collare</i>	Corallivora	LC
Acanthuriformes		<i>Heniochus</i> sp.	Planktivora	LC
	Ephippidae	<i>Platax</i> sp.	Omnivora	LC
		<i>P. annularis</i>	Pemakan invertebrata	LC
	Pomacanthidae	<i>P. semicirculatus</i>	Omnivora	LC
		<i>Siganus javus</i>	Herbivora	LC
	Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i>	Pemakan invertebrata	LC
Carangiformes	Carangidae	<i>G. speciosus</i>	Piscivora & pemakan invertebrata	LC
Eupercaria	Lutjanidae	<i>Lutjanus</i> sp.	Piscivora & pemakan invertebrata	LC
Gonorynchiformes	Chanidae	<i>Chanos chanos</i>	Omnivora	LC
Holocentriformes	Holocentridae	<i>Myripristis</i> sp.	Pemakan invertebrate	LC
Ovalentaria	Pomacentridae	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	Planktivora	LC
		<i>D. trimaculatus</i>	Planktivora	VU

Komunitas ikan pada oseanarium silindris adalah campuran dari 11 famili ikan dengan kebiasaan makan yang berbeda-beda (Gambar 2A dan Tabel 2). Ikan-ikan yang tergolong sebagai omnivora memiliki proporsi terbesar (Gambar 2C). Berdasarkan status pengelolaannya ikan kategori target memiliki proporsi terbesar pada komunitas (Gambar 2B). *C. chanos*, *Heniochus*, *G. speciosus* dan *Acanthurus* adalah jenis dengan jumlah paling banyak dalam komunitas.



Gambar 2. (A) Komposisi Komunitas Ikan pada Oseanarium Silindris Berdasarkan Famili; (B) Komposisi Komunitas Ikan pada Oseanarium Silindris Berdasarkan Tujuan Pengelolaannya; (C) Komposisi Komunitas Ikan pada Oseanarium Silindris Berdasarkan Kebiasaan Makan

Ikan hidup dan beradaptasi dengan lingkungan oseanarium silindris yang merupakan habitat buatan serta menunjukkan beberapa perilaku sebagaimana yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perilaku Beberapa Jenis Ikan pada Oseanarium Silindris

Ikan	Perilaku yang teramati
<i>Chaetodon</i>	Lebih banyak menjelajah pada setengah bagian bawah oseanarium.
<i>C. Chanos</i>	Cenderung berkelompok; lebih banyak menjelajah pada kedalaman hingga 5 m serta seringkali berada pada bagian atas oseanarium.
<i>Acanthurus</i> Sp. <i>G. Speciosus</i>	Lebih banyak menjelajah dan berada pada bagian tengah oseanarium.
<i>S. Javus</i>	Lebih banyak berada pada bagian bawah oseanarium dan memanfaatkan ataupun menempati area pemipaan di dasar oseanarium.
<i>D. Trimaculatus</i>	Memanfaatkan area pilar dan dekorasi karang buatan; menunjukkan sifat teritori dengan mengusir ikan yang mendekati; hanya menjelajah pada setengah bagian bawah oseanarium.
<i>Heniochus</i> Sp.	Terdapat aktivitas mengejar dan mematuki tubuh ikan lain saat pertama kali diintroduksikan ke oseanarium.
<i>Myripristis</i> Sp.	Lebih banyak tidak terlihat/ bersembunyi.

Ikan	Perilaku yang teramati
<i>Platax Sp.</i>	Lebih banyak berada pada kedalaman hingga 5 m; cenderung menjelajah bagian tengah oseanarium.
<i>Pomacanthus</i>	Lebih banyak menjelajah pada setengah bagian bawah oseanarium.

10 genus plankton teridentifikasi pada air dari oseanarium silindris, dapat dilihat pada Gambar 3A. Keanekaragaman plankton pada oseanarium silindris tergolong sedang (H' : 2,02) dengan indeks dominansi yang rendah ($C:0,16$). Adapun permasalahan kesehatan ikan yang ditemukan pada oseanarium silindris meliputi exophthalmia dan infestasi ektoparasit, dapat dilihat pada Gambar 3B dan Gambar 3C. Exophthalmia atau yang lebih dikenal sebagai *pop-eye* teridentifikasi pada *C. chanos*, *P. semicirculatus*, *C. auriga*, *Siganus* dan *Platax*. Infestasi ektoparasit *Neobenedenia* teridentifikasi pada kulit *Heniochus* dan *P. semicirculatus*.



Gambar 3. (A) Komposisi Plankton pada Oseanarium Silindris Berdasarkan Genus; (B) Ikan Platax dengan Kasus Exophthalmia; (C) *Neobenedenia Sp.* yang menginfestasi *Heniochus Sp*

Ikan pada akuarium silindris diberikan pakan segar dan pakan buatan *C. chanos*, *G. speciosus*, *Platax*, *Pomacanthus*, *Zanclus cornutus* dan *Acanthurus* teramati mengkonsumsi kedua jenis pakan tersebut yaitu potongan ikan segar serta pellet. Preferensi famili ikan terhadap jenis pakan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Preferensi Famili Ikan terhadap Jenis Pakan

Kategori Pakan	Jenis Pakan	Famili Ikan
Pakan Buatan	Pelet Apung	Channidae
	Pelet Tenggelam	Carangidae
	Pelet Ikan Hias Air Laut	Chaetodontidae; Zanclidae; Pomacentridae
Ikan Segar	Pelet Herbivore	Acanthuridae; Siganidae
	<i>Decapterus Sp.</i>	Ephippidae; Pomacanthidae; Carangidae; Lutjanidae;
	<i>Sardinella Sp.</i> <i>Thyssa Sp.</i>	Holocentridae
Udang	Rebon	Pomacanthidae; Holocentridae

Pembahasan

Sistem resirkulasi banyak diaplikasikan dan telah menjadi standar untuk oseanarium baik dengan tujuan pemeliharaan ikan ataupun karang (Shepherd, 2008). Sistem ini dinilai lebih efektif dalam pembiayaan dan pemanfaatan air (Knight, Boles, & Stamper, 2016). Protein skimmer menjadi komponen penting bagi RAS air laut yang berperan untuk mengurangi dan membuang material organik terlarut dalam air (Susanto et al., 2021). Jaringan pemipaan menghubungkan komponen-komponen untuk mengalirkan air. Komponen pada jaringan perpipaan yang umum meliputi perlengkapan pipa, fitting, flange, gasket, valve, pembautan dan sebagainya (Ubaedilah, 2016). Ozon generator menjadi pilihan karena memiliki fungsi dalam pengendalian bakteri yang seringkali merupakan permasalahan pada akuarium dengan sistem resirkulasi (Karydis, 2011). Sisa pakan dan kotoran ikan dapat mempengaruhi populasi bakteri pada air dalam sistem resirkulasi (Raja, Fernando, Thavasi, Jayalaksmi, & Balasubramanian, 2006). Pada akuarium publik, pencahayaan merupakan komponen penting karena menunjang kejelasan serta teramatinya lingkungan air dan koleksi ikan oleh pengunjung (Yoshida, Kawanishi, Tsuboyama, Satoh, & Oshibuchi,

2005). Selain itu pencahayaan buatan juga dapat mempengaruhi berbagai parameter biologi pada ikan (García, Marín, & Chapman, 2020; Schligler, Cortese, Beldade, Swearer, & Mills, 2021).

Salinitas pada oseanarium silindris dapat berkisar antara 32 - 34‰ dan dapat dipengaruhi oleh sumber air yang digunakan yang berfluktuasi seiring kondisi cuaca. Sanilitas oseanarium cenderung meningkat secara perlahan akibat penguapan air. Adapun pengendalian salinitas dilakukan dengan penambahan air tawar untuk menurunkan salinitas dan air laut dengan salinitas yang lebih tinggi ataupun garam akuarium untuk menaikkan salinitas (Fleckenstein, Tierney, Fisk, & Ray, 2022). Selain penggunaan filter biologis, pergantian air parsial juga digunakan untuk menjaga kualitas kimiawi air. Pergantian air parsial sebesar 20-30% dilakukan 2 kali dalam 1 minggu. Dan pergantian air dalam jumlah yang lebih besar yang mencapai 50-75% dilakukan setiap bulan. Pergantian air secara parsial merupakan metode konvensional yang umum digunakan oleh akuaris dalam mengontrol kualitas air (Adlin, Hatamoto, Yamazaki, Watari, & Yamaguchi, 2020).

Pemeliharaan ikan pada oseanarium dilakukan secara multispesies dengan mempertimbangkan kesesuaian karakter, ukuran dan kebutuhan biota yang dipelihara (Cassiano et al., 2015). Sebagian besar koleksi pada oseanarium merupakan ikan karang yang berasal dari perairan pangandaran dengan staus konservasi IUCN LC (Nuryanto, Bhagawati, & Kusbiyanto, 2020). *D. trimaculatus* merupakan satu-satunya jenis dengan status konservasi VU. Jenis ini tergolong kedalam famili Pomacentridae yang memiliki karakter serta kesesuaian untuk dipelihara pada lingkungan akuarium dan tercatat sebagai salah satu jenis utama yang diperdagangkan sebagai ikan hias (Dee, Horii, & Thornhill, 2014; Kumar et al., 2008; Prakash et al., 2017; Wabnitz, Taylor, Green, & Razak, 2003). Berbagai biota perairan dengan beragam status konservasi IUCN dari LC hingga CR telah menjadi bagian dari koleksi akuarium-akuarium di dunia, hal tersebut menunjukkan adanya potensi peran akuarium sebagai media konservasi (da Silva et al., 2019). Kepadatan ikan pada oseanarium masih memungkinkan untuk ditingkatkan melalui penambahan ataupun perubahan komposisi ikan. Oseanarium silindris berisikan ikan berukuran kecil hingga sedang. Ikan-ikan dengan ukuran sedang meliputi *Platax*, *Acanthurus*, *G. speciosus*, *P. annularis*, *Siganus* dan *C. chanos*, selebihnya merupakan ikan-ikan hias berukuran kecil. Chaetodontidae yang juga merupakan ikan indikator kesehatan karang dapat hidup pada lingkungan oseanarium dengan proporsi 19,28% dari komunitas. Beberapa jenis Chaetodontidae dapat hidup pada lingkungan dan dimininati untuk dipelihara karena memiliki warna yang bervariasi dan menarik (Perez et al., 2022). Kebanyakan komoditas ikan hias untuk aquarium pada kawasan perairan hangat juga merupakan omnivora (Yanong, 1999). Omnivora cenderung lebih mudah dipelihara karena dapat mengkonsumsi berbagai jenis pakan.

Ikan-ikan pada oseanarium menunjukkan perilaku yang berbeda-beda. Pada beberapa kasus sebagian besar koleksi ikan dapat berada pada area bawah oseanarium, sehingga tidak terlihat secara langsung. Secara umum *C. chanos*, *G. speciosus* dan *Acanthurus* cenderung berenang menjelajah mengitari akuarium dari bagian atas hingga bawah, sedangkan ikan-ikan hias yang lebih kecil cenderung berada pada bagian tengah dan area-area tertentu. Bagian-bagian dari oseanarium seperti pilar dan saluran pemipaan dimanfaatkan oleh beberapa jenis ikan untuk berlindung atau mencari makan. Terdapat perilaku agresif dari *D. trimaculatus* yang mengusir ikan lain yang mendekati teritorinya dan hal tersebut merupakan sifat alami dari ikan famili Pomacentridae (Hamb, 2011; Weimann et al., 2017). Saat pertama kali dimasukkan ke oseanarium, teramati juga perilaku agresif dari *Heniochus* terhadap ikan lain yang lebih besar seperti *Acanthurus* dan *Platax*. Hal tersebut merupakan aktivitas membersihkan ektoparasit pada ikan lain yang merupakan sifat alami dari *Heniochus acuminatus* yang masih teramati pada lingkungan penangkaran (Konow & Ferry-Graham, 2013; Narvaez & Morais, 2020).

Oseanarium silindris merupakan fasilitas dengan keanekaragaman dan kelimpahan plankton tertinggi jika dibandingkan dengan oseanarium lain di lokasi yang sama. Oseanarium lain tidak menggunakan sistem sirkulasi yang dilengkapi filter biologis. Sebagian besar genus plankton pada oseanarium juga ditemukan pada perairan yang digunakan sebagai sumber air. Sumber air dapat mempengaruhi komunitas bakterioplankton pada RAS untuk pemeliharaan komoditas ikan air laut (Duarte et al., 2019). Cyanobacteria (40,63%) dan Ochrophyta (31,25%) adalah filum dengan proporsi terbesar pada komunitas. Laporan sebelumnya menyebutkan bahwa Cyanobacteria menjadi bagian dari komunitas plankton pada beberapa oseanarium publik dan pada pemeliharaan *C. chanos* secara *multithropic recirculating aquaculture system* (MRAS) dimana kadar amonia adalah salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan plankton didalamnya (Patin et al., 2018). Plankton dapat menjadi sumber makanan bagi larva ikan ataupun ikan planktivore serta dapat ditumbuhkan terlebih dahulu sebelum penebaran pada aktivitas budidaya (Creswell, 2010; Nasukha & Aslianti, 2019). Akan tetapi beberapa jenis Cyanobacteria berpotensi dapat menimbulkan permasalahan kesehatan pada ikan (Sinden & Sinang, 2016). Tersedianya nutrient, pencahayaan serta parameter kualitas air pada oseanarium memiliki kesesuaian untuk perkembangan dan pertumbuhan plankton, sehingga upaya pengendalian diperlukan untuk mencegah permasalahan kesehatan ikan dan visibilitas (Lackey, 1956). Cahaya merupakan salah satu faktor

yang dapat mempengaruhi komunitas plankton, oleh karenanya lingkungan disekitar oseanarium dibuat gelap dan pencahayaan buatan disesuaikan mengikuti siklus siang dan malam (Marzetz, Spijkerman, Striebel, & Wacker, 2020). *Copper sulfate* juga digunakan untuk pengendalian plankton pada oseanarium silindris (Le Jeune et al., 2006). Kehadiran ikan planktivore dapat mempengaruhi zooplankton dan secara tidak langsung juga mempengaruhi komunitas fitoplankton (Ersoy, Brucet, Bartrons, & Mehner, 2019). *C. chanos* diketahui merupakan pengonsumsi Cyanobacteria (Amores, 2003).

Permasalahan mata berupa Exophthalmia pada ikan di oseanarium juga umum ditemui pada ikan liar ataupun ikan yang dipelihara dan hal tersebut dapat terkait dengan faktor lingkungan seperti kualitas air (Haenen et al., 2020; Hargis, 1991; Hassan, Soliman, Mahmoud, Al-Shabeeb, & Imran, 2015; Noor El Deen & Zaki, 2013). *C. chanos* yang di dipelihara secara polikultur juga mengalami permasalahan exophthalmia yang dapat disebabkan oleh kombinasi antara luka serta kontak dengan pathogen seperti *Vibrio* (Muroga, Lio-po, Pitogo, & Imada, 1984). Beberapa jenis bakteri gram negatif dan virus dari famili Nodaviridae serta Rhabdoviridae juga dapat menyebabkan exophthalmia pada ikan hias (Cardoso, Moreno, et al., 2019). *Neobenedenia* sp. yang menginfestasi *Heniochus* sp. merupakan ektoparasit yang dapat menginfestasi berbagai jenis ikan khususnya ikan hias serta ikan karang baik pada habitat alaminya; lingkungan budidaya ataupun pada lingkungan akuarium (Brazenor, 2017; Cardoso, Balian, Soares, Tancredo, & Martins, 2019; Ogawa, Fukudome, & Wakabayashi, 1995; Sufardin, Sriwulan, & Anshary, 2022). Pada akuarium publik, infestasi *Neobenedenia* dilaporkan pada *Trachinotus blochii* yang juga pernah dipelihara pada oseanarium silindris (Nam et al., 2020). Infestasi *Neobenedenia* pada *Heniochus* dan *P. semicirculatus* tersebut tidak menunjukkan adanya gejala klinis pada ikan dan infestasinya tergolong kedalam kategori ringan. Infestasi *Neobenedenia* pada ikan dapat menyebabkan berkurangnya nafsu makan, ikan lemas, mata berkabut, diskolorasi, produksi lendir yang berlebih hingga kemarian (Mueller, Watanabe, & Head, 1994). Penanganan ektoparasit dilakukan dengan perendaman pada air tawar ataupun senyawa antiparasit.

Ikan-ikan pada oseanarium menunjukkan beberapa preferensi pakan sebagaimana Tabel 4. *C. chanos* yang merupakan omnivora dapat mengonsumsi berbagai jenis seperti zooplankton, cyanobacteria, alga, invertebrata benthik hingga ikan yang berukuran kecil (Amores, 2003). Adapun *G. speciosus* pada habitat aslinya merupakan *bottom feeder* mengonsumsi krustasea, moluska ataupun serta ikan, sedangkan pada lingkungan oseanarium juga memakan pakan buatan berupa pelet tenggelam (Grandcourt, Al Abdessalaam, Francis, & Al Shamsi, 2004). Pada lingkungan oseanarium, *Acanthurus* yang merupakan herbivora teramati juga mengonsumsi potongan daging ikan yang diberikan. Perilaku yang serupa juga dijumpai pada *Acanthurus* di daerah wisata yang memakan kepala dan daging ikan yang diberikan (Delgado-Pech, Almazán-Becerril, Peniche-Pérez, & Caballero-Vázquez, 2020). Saat pemberian pakan *C. chanos*, *G. Speciosus* dan *Acanthurus* cenderung mengejar naik ke area permukaan oseanarium untuk mendapatkan makanan. Sedangkan ikan-ikan lain cenderung makan pada area tengah dari oseanarium. Selain memperoleh makanan dari pakan yang diberikan, beberapa ikan seperti *Chaetodon*, *Acanthurus*, *Heniochus* dan *Zanclus cornutus* menunjukkan adanya aktivitas makan pada permukaan pilar ataupun bagian lain dari oseanarium. Pakan juga menjadi media pemberian vitamin dan obat-obatan seperti antibiotik serta antiparasit pada ikan di oseanarium.

4. SIMPULAN

Oseanarium silindris yang menerapkan sistem penyangga kehidupan kompleks berupa sistem resirkulasi menggunakan kombinasi filter fisik, biologi, mekanis, ozon generator serta pencahayaan buatan dapat digunakan untuk pemeliharaan polikultur terhadap komunitas ikan karang berkeanekaragaman sedang dengan kebiasaan makan yang berbeda. Komunitas ikan dalam oseanarium tersusun atas berbagai famili termasuk didalamnya ikan indikator kesehatan karang. Ikan akan beradaptasi dengan lingkungan dan komponen-komponen pada oseanarium, memiliki perilaku-perilaku yang berbeda dengan tetap menunjukkan perilaku alaminya. Ikan cenderung akan dapat mengonsumsi berbagai jenis pakan pada lingkungan pemeliharaan. Air oseanarium menjadi media yang sesuai bagi pertumbuhan plankton sehingga upaya pengendaliannya diperlukan karena terkait dengan kesehatan ikan dan visibilitas akuarium. Permasalahan kesehatan ikan yang ditemu pada oseanarium merupakan permasalahan umum untuk ikan hias air laut di alam ataupun lingkungan pemeliharaan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Operasional akuarium PIAMARI dibiayai oleh DIPA Pusat Riset Kelautan tahun 2021. Penulis menyampaikan terima kasih kepada segenap pengelola PIAMARI, Pusat Riset Kelautan dan Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan, Serang yang telah memfasilitasi pengecekan kesehatan ikan dan

lingkungan. Nanda Radhitia Prasetiawan dan Ratna Amalia Kurniasih adalah kontributor utama dalam penulisan artikel ini. Dalam riset ini peralatan pengukuran disediakan

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adlin, N., Hatamoto, M., Yamazaki, S., Watari, T., & Yamaguchi, T. (2020). A potential zero water exchange system for recirculating aquarium using a DHS-USB system coupled with ozone. *Environmental Technology*, 43(2). <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1784295>.
- Allen, G., Steene, R., Humann, P., & Deloach, N. (2003). *Reef fish identification tropical Pacific*. El Cajon: New World Publications Inc.
- Amores, A. Y. (2003). *The milkfish spawning aggregation of Mactan Island, Central Philippines*.
- Andrews, C. (2018). Public aquariums in the 21st century in tourism and animal welfare. In N. Caar & D. M. Broom (Eds.), *Tourism and animal welfare*. CAB International.
- Bellinger, E. G., & Sigee, D. C. (2010). *Freshwater algae*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Brazenor, A. K. (2017). *The biology of the cosmopolitan fish parasite Neobenedenia girellae*. James Cook University.
- Brereton, J. E. (2020). Challenges and directions in zoo and aquarium food presentation research: A review. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 1, 13–23. <https://doi.org/10.3390/jzbg1010002>
- Buckley, K. A., Crook, D. A., Pillans, R. D., Smith, L., & Kyne, P. M. (2018). Sustainability of threatened species displayed in public aquaria, with a case study of Australian sharks and rays. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 28(1), 137–151. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9501-2>.
- Caasi, J. M. A., Barnes, J. M., & Barnes, M. E. (2020). Impact of vertically-suspended environmental enrichment and two densities of fish on circular tank velocity profiles. *Engineering*, 12, 723–738. <https://doi.org/10.4236/eng.2020.1210051>.
- Cardoso, P. H. M., Balian, S. D. C., Soares, H. S., Tancredo, K. R., & Martins, M. L. (2019). Neobenedenia melleni (Monogenea: Capsalidae) in ornamental reef fish imported to Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 28(1), 157–160. <https://doi.org/10.1590/S1984-296120180076>.
- Cardoso, P. H. M., Moreno, A. M., Moreno, L. Z., de Oliveira, C. H., Baroni, F. de A., Maganha, S. R. de L., ... Balian, S. de C. (2019). Infectious diseases in aquarium ornamental pet fish: Prevention and control measures. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 56(2), e151697. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2019.151697>.
- Cassiano, E. J., Wittenrich, M. L., Waltzek, T. B., Steckler, N. K., Barden, K. P., & Watson, C. A. (2015). Utilizing public aquariums and molecular identification techniques to address the larviculture potential of Pacific blue tangs (*Paracanthurus hepatus*), semicircle angelfish (*Pomacanthus semicirculatus*), and bannerfish (*Heniochus* sp.). *Aquaculture International*, 23, 253–265. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9813-3>.
- Çelik, P., & Yalcin Ülger, E. (2020). Public Aquariums in Turkey. *Marine Science and Technology Bulletin*, 9(1), 1–6. <https://doi.org/10.33714/masteb.642210>.
- Chogale, N., Pagarkar, A. U., Metar, S., & Satam, S. B. (2020). The role of the public aquarium of marine biological research station on raising public awareness to aquatic environment. *J. Exp. Zool. India*, 23(1), 919–923.
- Collins, C., McKeown, S., McSweeney, L., Flannery, K., Kennedy, D., & O’Riordan, R. (2021). Children’s conversations reveal in-depth learning at the zoo. *Anthrozoos*, 34(1), 17–32. <https://doi.org/10.1080/08927936.2021.1878679>.
- Cooke, G. M., & Tonkins, B. M. (2015). Behavioural indicators of welfare exhibited by the common European cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Jzar*, 3(4), 157–162.
- Cracknell, D., White, M. P., Pahl, S., Nichols, W. J., & Depledge, M. H. (2016). Marine biota and psychological well-being: A preliminary examination of dose–response effects in an aquarium setting. *Environment and Behavior*, 48(10), 1242–1269. <https://doi.org/10.1177/0013916515597512>.
- Creswell, L. (2010). Phytoplankton culture for aquaculture feed. *SRAC Publication*, (5004), 1–16.
- D. Sofarini. (2012). Keberadaan dan kelimpahan fitoplankton sebagai salah satu indikator kesuburan lingkungan perairan di Waduk Riam Kanan. *Enviro Scientiae*, 8, 30–34.
- da Silva, R., Pearce-Kelly, P., Zimmerman, B., Knott, M., Foden, W., & Conde, D. A. (2019). Assessing the conservation potential of fish and corals in aquariums globally. *Journal for Nature Conservation*, 48, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.12.001>.
- Dee, L. E., Horii, S. S., & Thornhill, D. J. (2014). Conservation and management of ornamental coral reef wildlife: Successes, shortcomings, and future directions. *Biological Conservation*, 169, 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.025>.
- Delgado-Pech, B., Almazán-Becerril, A., Peniche-Pérez, J., & Caballero-Vázquez, J. A. (2020). Facultative

- scavenging feeding habits in *Acanthurus chirurgus* (Bloch, 1787) (Acanthuriformes: Acanthuridae). *Biodiversity Data Journal*, 8. <https://doi.org/10.3897%2FBDJ.8.e53712>.
- Dodaro, C. (2022). Aquarium fish behavior changes and issues. *Research Journal of Zoology*, 4(2).
- Dumilah, D. R., & Santoso, S. (2022). Content design recommendation for digital product of public aquarium using QFD (Case Study: SeaWorld Ancol, Indonesia). *Technium*, 4(2), 44–54. <https://doi.org/10.47577/technium.v4i2.6070>.
- Ersoy, Z., Brucet, S., Bartrons, M., & Mehner, T. (2019). Short-term fish predation destroys resilience of zooplankton communities and prevents recovery of phytoplankton control by zooplankton grazing. *PLoS ONE*, 14(2), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212351>.
- Faturohman, I., Sunarto, & Nurruhwati, I. (2016). Korelasi kelimpahan plankton dengan Suhu perairan laut di sekitar PLTU Cirebon. *Jurnal Perikanan Kelautan*, VII(1), 115–122.
- Fleckenstein, L. J., Tierney, T. W., Fisk, J. C., & Ray, A. J. (2022). Using alternative low-cost artificial sea salt mixtures for intensive, indoor shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production. *Aquaculture Reports*, 24, 101147. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101147>.
- Franke, S., Brüning, A., Hölker, F., & Kloas, W. (2013). Study of biological action of light on fish. *Journal of Light and Visual Environment*, 37(4), 194–204. <https://doi.org/10.2150/jlve.IEIJ130000518>.
- García, L. N., Marín, A. F., & Chapman, F. A. (2020). Effects of different color artificial lights on growth, survival, and sex ratio on an experimental population of freshwater ornamental emperor tetra fish *nematobrycon palmeri*. *AAFL Bioflux*, 13(2), 1048–1054.
- Gomes, J. M. P., Hill, M., McDonald, G., Lynch, M., Eccles, C., & Eernisse, B. (2020). Life support system management strategies to improve pinniped eye health: a case study of a long-nosed fur seal *Arctocephalus forsteri*. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 8(4), 288–293.
- Grandcourt, E. M., Al Abdessalaam, T. Z., Francis, F., & Al Shamsi, A. Al. (2004). Population biology and assessment of representatives of the family Carangidae *Carangoides bajad* and *Gnathanodon speciosus* (Forsskal, 1775), in the Southern Arabian Gulf. *Fisheries Research*, 69, 331–341. *Guinness World Record*. (2014).
- Haenen, O., Karunasagar, I., Manfrin, A., Zrncic, S., Lavilla-Pitogo, C., Lawrence, M., ... Karunasagar, I. (2020). Contact-zoonotic bacteria of warmwater ornamental and cultured fish. *Asian Fisheries Science*, 33, 39–45. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2020.33.S1.007>.
- Hamb, A. (2011). Defense of a multi functional territory against interspecific intruders by the damselfish *Stegastes nigricans* (Pisces, Pomacentridae).
- Hargis, W. J. (1991). Disorders of the eye in finfish. *Annual Review of Fish Diseases*, 1, 95–117.
- Harisdani, D. D., & Deo Riza Sativa. (2020). The use of metaphor in designing ocean world aquarium. *International Journal of Architecture and Urbanism*, 4(3), 323–335. <https://doi.org/10.32734/ijau.v4i3.5044>.
- Hassan, M. A., Soliman, W. S., Mahmoud, M. A., Al-Shabeeb, S. S., & Imran, P. M. (2015). Prevalence of bacterial infections among cage-cultured marine fishes at the Eastern Province of Saudi Arabia. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6(4), 1112.
- Hill, J., & Wilkinson, C. (2004). *Methods for ecological monitoring of coral reefs*. Australian Institute of Marine Science, Townsville. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- Hoffman, G. L. (1999). *Parasites of North American Freshwater Fishes* (2nd ed.). Comstock Publishing Associates.
- Holmberg, M. (2022). Constructing captive ecology at the aquarium: Hierarchy, care, violence, and the limits of control. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 5(2), 861–880. <https://doi.org/10.1177%2F25148486211014508>.
- I Putu Wahyu Wedanta Pucangan, & Rimbawa, W. (2020). Evaluasi Pengembangan Kapasitas Masyarakat Sebagai Desa Tangguh Bencana Di Desa Lebih, Gianyar, Bali. *Pranatacara Bhumandala: Jurnal Riset Planologi*, 1(1). https://doi.org/10.32795/pranatacara_bhumandala.v1i1.702.
- Ihwan, M. Z., Shuhaimi, A. D., Ambak, M. A., Wahidah, W., Surzanne, A., Fakhruddin, M. I., ... Marina, H. (2016). Report on marine Capsalid Monogenean parasites in cage-cultured of crimson snapper, *Lutjanus erythropterus* at Johore, Malaysia. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 11(8), 1–7.
- Karydis, M. (2011). Organizing a public aquarium: Objectives, design, operation and missions. A review. *Global NEST Journal*, 13(4), 369–384.
- Knight, S. J., Boles, L., & Stamper, M. A. (2016). Response of recirculating saltwater aquariums to long-term formalin treatment. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 4(2), 77–84.
- Konow, N., & Ferry-Graham, L. A. (2013). Functional morphology of butterflyfishes. In *Biology of Butterflyfishes* (1st Editi, pp. 19–47). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b15458-3>.
- Kraberg, A., Baumann, M., & Dürselen, C. (2010). *Coastal phytoplankton: photo guide for Northern European seas*. Munchen: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.

- Kuhnz, L. A., Barry, J. P., Lovera, C., Litvin, S., Whaling, P. J., & Barry, J. P. (2020). *Potential impacts of the Monterey Accelerated Research System (MARS) cable on the seabed and benthic faunal assemblages*.
- Kumar, T. T. A., Dhaneesh, K. V., Arumugam, M., & Balasubramanian, T. (2008). Stability of marine ornamental fishes in captivity : A Case study in marine research aquarium of Annamalai University. *Global Journal of Molecular Sciences*, 3(1), 35–41.
- Lackey, J. B. (1956). Some visibility problems in large aquaria, I. Plankton problems at marineland. *Quarterly Journal of Florida Academy of Science*, 19(4).
- Larasati, N. N., Purnomo, A. H., & Hardiyati. (2018). Konservasi biota laut sebagai dasar perancangan oseanarium di Pangandaran. *SenTHong*, 1(1), 73–83.
- Le Jeune, A. H., Charpin, M., Deluchat, V., Briand, J. F., Lenain, J. F., Baudu, M., & Amblard, C. (2006). Effect of copper sulphate treatment on natural phytoplanktonic communities. *Aquatic Toxicology*, 80, 267–280. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.09.004>.
- Livengood, E. J., & Chapman, F. A. (2007). *Ornamental fish trade: An introduction with perspectives for responsible aquarium fish ownership*. IFAS Extension (Vol. FA124). Florida.
- Ma, S.-A., Kang, H.-J., Lee, K., Kim, S.-A., & Han, J. S. (2022). Animal welfare assessment in 16 zoos in South Korea using the modified animal welfare assessment grid. *Frontiers in Veterinary Science*, 9(April), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.860741>.
- Maierdiali, A., Wang, L., Luo, Y., & Li, Z. (2020). Effect of tank size on zebrafish behavior and physiology. *Animals*, 10. <https://doi.org/10.3390/ani10122353>.
- Marchio, E. A. (2018). The art of aquarium keeping communicates science and conservation. *Frontiers in Communication*, 3(17). <https://doi.org/10.3389/fcomm.2018.00017>.
- Marzetz, V., Spijkerman, E., Striebel, M., & Wacker, A. (2020). Phytoplankton community responses to interactions between light intensity, light variations, and phosphorus supply. *Frontiers in Environmental Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.539733>.
- Maulana, F., Zairin Jr., M., Alimuddin, A., Abadi, M., & Fitrih, A. N. (2020). Coral platy fish Xiphophorus maculatus hormonal induction to improve mass spawning efficiency. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 19(2), 181–189. <https://doi.org/10.19027/jai.19.2.181-189>.
- Maurer, L., Dawson, M., Boles, L., Knight, S., & Stamper, A. (2020). Spawning of French grunts, *Haemulon flavolineatum*, in recirculating aquarium systems. *PeerJ*, 2020(7), 1–15. <https://doi.org/10.7717/2Fpeerj.9417>.
- Mueller, K. W., Watanabe, W. O., & Head, W. D. (1994). Occurrence and control of *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in cultured tropical marine fish, including three new host records. *The Progressive Fish-Culturist*, 56.
- Muroga, K., Lio-po, G., Pitogo, C., & Imada, R. (1984). *Vibrio* sp. isolated from milkfish (*Chanos chanos*) with opaque eyes. *Fish Pathology*, 19(2), 81–87.
- Nam, U.-H., Seo, H.-J., Hwang, I., & Kim, J.-H. (2020). *Neobenedenia girellae* infection of aquarium-raised snubnose pompano (*Trachinotus blochii*) in Korea. *J. Fish Pathol.*, 33(1), 15–21.
- Narvaez, P., & Morais, R. A. (2020). Filling an empty role: first report of cleaning by pygmy angelfishes (Centropyge, Pomacanthidae). *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, 22, 31–36. https://doi.org/10.3755/galaxea.22.1_31.
- Nasukha, A., & Aslianti, T. (2019). Plankton distribution in controlled water of milkfish larva culture system. *Berita Biologi*, 18(3). <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v18i3.3485>.
- Ngueku, B. B. (2014). The design and construction of aquaria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(3), 01–04.
- Noor El Deen, A. I. E., & Zaki, M. S. (2013). Eye affection syndrome wild and cultured fish. *Life Science Journal*, 10(1), 643–650.
- Nuryanto, A., Bhagawati, D., & Kusbiyanto. (2020). Evaluation of conservation and trade status of marine ornamental fish harvested from Pangandaran Coastal Waters, West Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(2), 512–520. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210212>.
- Oca, J., & Masalo, I. (2012). Flow pattern in aquaculture circular tanks: Influence of flow rate, water depth, and water inlet & outlet features. *Aquacultural Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.09.002>.
- Ogawa, K., Fukudome, M., & Wakabayashi, H. (1995). *Neobenedenia girellae* (Hargis, 1955) Yamaguti, 1963 (Monogenea: Capsalidae) from Cultured Marine Fishes of Japan. *J. Parasitol*, 81(2), 223–227.
- Ogle, B. (2016). Value of guest interaction in touch pools at public aquariums. *Universal Journal of Management*, 4(2), 59–63. <https://doi.org/10.13189/ujm.2016.040202>.
- Oldfield, R. G. (2011). Aggression and welfare in a common aquarium fish, the Midas Cichlid. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 14, 340–360. <https://doi.org/10.1080/10888705.2011.600664>.
- Patin, N. V., Pratte, Z. A., Regensburger, M., Hall, E., Gilde, K., Dove, A. D. M., & Stewart, F. J. (2018). Microbiome

- dynamics in a large artificial seawater aquarium. *Applied and Environmental Microbiology*. <https://doi.org/10.1128/AEM.00179-18>.
- Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Sekretariat Negara Republik Indonesia § (2021). Indonesia.
- Penning, M., Reid, M., Koldewey, H., Dick, G., Andrews, B., Arai, K., ... Gibson, D. (Eds.). (2009). *Turning the tide: A Global Aquarium Strategy for Conservation and Sustainability*. Bern, Switzerland: World Association of Zoos and Aquariums.
- Perez, I. L. B., dos Santos, A. P., & Martins, B. A. (2022). Maintenance of the butterflyfish *Chaetodon striatus* (Perciformes: Chaetodontidae) in a recirculation system. *Indonesia Aquaculture Journal*, 17(1), 53–60. <https://doi.org/10.15578/iaj.17.1.2022.53-60>.
- Permatasari, R. D., Djuwito, & Irwani. (2016). Pengaruh kandungan nitrat dan fosfat terhadap kelimpahan diatom di muara sungai Wulan, Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, 5(4), 224–232.
- Prakash, S., Ajith Kumar, T. T., Raghavan, R., Rhyne, A., Tlustý, M. F., & Subramoniam, T. (2017). Marine aquarium trade in India: Challenges and opportunities for conservation and policy. *Marine Policy*, 77, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.12.020>.
- Raja, K., Fernando, O. J., Thavasi, R., Jayalaksmi, S., & Balasubramanian, T. (2006). Diversity of bacterial populations in recirculating marine aquarium with different marine ornamental fishes. *Research Journal of Microbiology*, 1(5), 448–452.
- Reynolds Polymer Technology. (2014). Acrylic in modern aquarium construction.
- Savsar, M. (2019). Reliability analysis of a life support system in a public aquarium. *International Journal of Advances in Science Engineering and Tchnology*, 7(3), 37–42.
- Schligler, J., Cortese, D., Beldade, R., Swearer, S. E., & Mills, S. C. (2021). Long-term exposure to artificial light at night in the wild decreases survival and growth of a coral reef fish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1952). <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0454>.
- Scott, J., & Sulsberger, M. J. (2019). Exploring the contributions of an immersive, environmental education workshop on pre-service teachers' environmental education preparedness. *Sustainability (Switzerland)*, 11(\). <https://doi.org/10.3390/su11226505>.
- Shepherd, B. (2008). An experimental prototype coral reef tank at the Steinhart Aquarium ' s temporary museum. In *Advances in Coral Husbandry in Public Aquariums* (Vol. 2, pp. 227–238). Amhem: Burgers' Zoo.
- Sinden, A., & Sinang, S. C. (2016). Cyanobacteria in aquaculture systems: linking the occurrence, abundance and toxicity with rising temperatures. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(12), 2855–2862. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1112-2>.
- Sufardin, Sriwulan, & Anshary, H. (2022). Gyrodactylus (Monogenea: Gyrodactylidae) on marine ornamental fish *Amphiprion percula* from a marine aquaculture facility in Indonesia. *Biodiversitas*, 23(2), 1023–1030. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230245>.
- Sumuduni, B. G. D., Munasinghe, D. H. N., & Arulkanthan, A. (2020). Investigation of complete life cycle and species identification of a digenean gill parasite *Centrocestus* sp. infesting Koi carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) using morphology and morphometric characters. *Ceylon Journal of Science*, 49(2), 185–194. <https://doi.org/10.4038/cjs.v49i2.7739>.
- Susanto, A., Herjayanto, M., Alimudin, Budiaji, W., Priyantono, E., & Guna, N. A. (2021). The development design of venturi type protein skimmer for mariculture land base system. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 715). IOP Publishing.
- Timmons, M. B., Summerfelt, S. T., & Vinci, B. J. (1998). Review of circular tank technology and management. *Aquacultural Engineering*, 18, 51–69. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00023-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00023-5).
- Toni, M., Manciocco, A., Angiulli, E., Alleva, E., Cioni, C., & Malavasi, S. (2019). Review: Assessing fish welfare in research and aquaculture, with a focus on European directives. *Animal*, 13(1), 161–170. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000940>.
- Ubaedilah, U. (2016). Analisa kebutuhan jenis dan spesifikasi pompa untuk suplai air bersih di gedung kantin berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(3).
- Wabnitz, C., Taylor, M., Green, E., & Razak, T. (2003). From Ocean to Aquarium: The global trade in marine ornamental species. *UNEP World Conservation Monitoring Centre*, 64.
- Weimann, S. R., Black, A. N., Leese, J., Richter, M. L., Itzkowitz, M., & Burger, R. M. (2017). Territorial vocalization in sympatric damselfish: acoustic characteristics and intruder discrimination. *Bioacoustics*. <https://doi.org/10.1080/09524622.2017.1286263>.
- Widiana, R. (2012). Komposisi fitoplankton yang terdapat di perairan Batang Palangki Kabupaten Sijunjung. *Jurnal Pelangi*, 5(1), 23–30. <https://doi.org/10.22202/jp.2013.v5i1.4>.
- Wulandari, A., Kridarso, E. R., Rahma, N., Madina, R. F., & Safitri, R. A. (2020). Comparison visual facade on

- the oceanarium building, case study: Seaworld Indonesia in Indonesia, the blue planet 3xn in Copenhagen, and Batumi aquarium in Georgia. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(2), 349–351.
- Yamaji, I. (1979). *Illustrations of the marine plankton of Japan* (3rd ed.). Japan: Hoikusha.
- Yanong, R. P. (1999). Nutrition of ornamental fish. *The Veterinary Clinics of North America. Exotic Animal Practice*, 2(1). [https://doi.org/10.1016/S1094-9194\(17\)30138-X](https://doi.org/10.1016/S1094-9194(17)30138-X).
- Yoshida, K., Kawanishi, T., Tsuboyama, Y., Satoh, S., & Oshibuchi, M. (2005). A study on lighting design for exhibitio tank and viewing room in an aquarium. *Journal of Environmental Engineering*, 70(597), 97–102.
- Zafran, Koesharyani, I., Sugama, K., Ikenoue, H., & Hatai, K. (2005). *Manual for fish diseases diagnosis : marine fish and crustacean diseases in Indonesia*. Singaraja: Gondol Research Institute for Aquaculture, MMAF of Indonesia.