



Review: Respon Fisiologis Ikan terhadap Lingkungan Hidupnya

Review: *Physiological Response of Fish to Its Environment*

Elya Putri Pane^{1*}, Diana Arfiati², Fisma Josara Apriliyanti³

¹Program Studi Ilmu Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang

²Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang

³Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang

* Korespondensi: elyaputripane@student.ub.ac.id; elyaputripane1@gmail.com

ABSTRAK. Ikan membutuhkan lingkungan tertentu sebagai habitat untuk tumbuh dan berkembang. Kondisi lingkungan dapat berubah, sehingga hal ini menjadi tantangan ikan untuk tetap menjaga keadaan homeostasis pada tubuh ikan. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi kondisi fisiologi ikan yaitu faktor internal dan eksternal. Informasi mengenai fisiologi ikan diperlukan sebagai salah satu faktor yang menjadi pusat perhatian dalam budidaya yang tepat untuk menunjang produktivitas budidaya ikan komersil. Perubahan lingkungan seperti pencemaran sangat mempengaruhi kondisi fisiologi ikan dan pemberian suplementasi pada pakan ikan juga dapat mendukung metabolisme tubuh ikan. Tujuan dari studi review literatur ini untuk mendeskripsikan faktor penting yang dapat mempengaruhi respon fisiologi ikan dan memberikan tiga studi kasus pada ikan budidaya komersil apabila dipaparkan oleh zat toksik atau pemberian zat organik pada pakan. Ulasan artikel ini menggunakan data sekunder dengan menghubungkan hasil penelitian terdahulu pada jurnal dan pengelompokan topik mengenai faktor lingkungan dan studi kasus pada ikan kerapu famili serranidae.

Kata Kunci. Efek pencemaran, fisiologis ikan, metabolisme, *Serranidae*.

ABSTRACT. *Fish need a specific environment as a habitat to grow and develop. Environmental conditions can change, so this becomes a challenge for fish to maintain homeostasis in the fish's body. Two factors influence the physiological condition of fish, namely internal and external factors. Information regarding fish physiology is needed as one of the factors that are the centre of attention in proper cultivation to support the productivity of commercial fish cultivation. Environmental changes such as pollution significantly affect the physiological condition of fish, and supplementing fish food can also support the fish's body metabolism. This article review study describes important factors that can influence the physiological response of fish and provides three case studies of commercially farmed fish when exposed to toxic substances or the provision of organic substances in feed. The data used is secondary data using journals from previous research and grouping topics regarding environmental factors and case studies on grouper fish in the Serranidae family.*

Keywords. *Effects of pollution, fish physiology, metabolism, Serranidae.*

PENDAHULUAN

Ikan merupakan organisme yang bernafas dengan menggunakan insang, berenang sehingga dapat bergerak bebas

secara aktif dengan menggunakan sirip dan memiliki habitat di perairan (Smith & Heemstra, 2012). Setiap hewan air membutuhkan habitat atau lingkungan



tertentu sebagai penunjang untuk bertumbuh, berkembang dan berkembang biak (Volkoff & Rønnestad, 2020). Dalam mempertahankan keberlangsungan hidupnya, ikan dituntut untuk dapat bertahan dan mampu menjalankan berbagai fungsi kehidupan dimana kondisi lingkungan dapat berubah sehingga hal ini menjadi tantangan terhadap perubahan tubuh ikan atau fisiologis untuk menjaga kondisi homeostatis pada tubuh ikan. Faktor lingkungan perairan mempunyai arti penting dalam menunjang kehidupan ikan karena bila kondisi perairan tidak sesuai maka fisiologi organisme perairan dapat menjadi abnormal (Maizar *et al.*, 2021).

Faktor yang memiliki pengaruh terhadap metabolisme antara lain faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik atau yang memberikan pengaruh dari dalam antara lain hormon (Jönsson & Björnsson, 2002), parasit (Nadler *et al.*, 2021), agen stres (Martos-Sittha *et al.*, 2020), infeksi penyakit (Chapman *et al.*, 2021), fisiologi (Bailey *et al.*, 2022) dan sebagainya. Faktor eksternal yang berpengaruh terhadap metabolisme yaitu suhu (Islam *et al.*, 2019), salinitas (Yang *et al.*, 2020), pakan (Assan *et al.*, 2021), konsentrasi oksigen (Blewett *et al.*, 2013), turbiditas (Campos *et al.*, 2018) dan sebagainya. Ikan merupakan hewan air poikilotermal dimana dapat menyesuaikan suhu tubuh dengan lingkungannya. Poikilotermal dipengaruhi oleh kombinasi faktor lingkungan dengan fisiologis organisme seperti rendahnya tingkat metabolisme, pembuangan panas yang cepat

karena ukuran tubuh yang kecil, dan konduktivitas media luar (Sokolova, 2008).

Ikan yang tidak mampu mengontrol proses osmoregulasi yang terjadi di dalam tubuhnya akan mengalami stres dan berujung pada kematian (Su *et al.*, 2022). Oleh karena itu, review ini memberikan ulasan terkait kondisi lingkungan yang mempengaruhi fisiologi hewan air khususnya ikan dan studi kasus mengenai respon fisiologi ikan terhadap ekosistemnya.

METODE

Ulasan artikel ini menggunakan metode deskriptif melalui pengkajian pustaka pada banyak artikel yang berkaitan meliputi buku dan rujukan digital seperti google scholar, jurnal aquatik, science direct dan sebagainya. Literatur yang akan diulas merupakan respon fisiologi ikan terhadap lingkungannya. Subjek ikan yang juga dibahas pada studi kasus pencemaran pada ikan kerapu (*serranidae*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Yang Mempengaruhi Fisiologi Ikan Suhu

Suhu adalah bagian parameter yang berperan dalam metabolisme dan proses fisiologi ikan. Ikan dapat hidup pada jangkauan suhu yang luas, namun juga memiliki suhu optimal untuk mampu bertahan pada lingkungan hidupnya (Shahjahan *et al.*, 2018). Secara tidak langsung, fluktuasi suhu mempengaruhi fisiologis ikan seperti pertumbuhan, metabolisme, reproduksi dan fungsi lainnya yang dapat menyebabkan

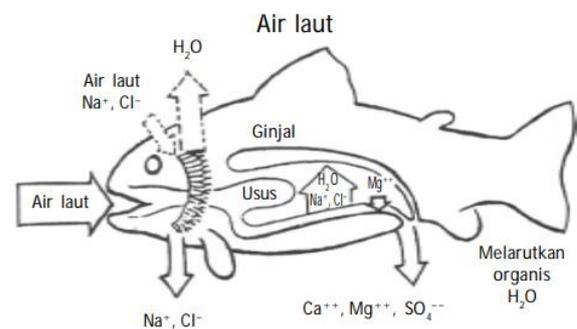


kelimpahan ikan bahkan dapat memberikan ancaman punahnya spesies tertentu (Islam *et al.*, 2019; Volkoff & Rønnestad, 2020). Kapasitas osmoregulasi dipengaruhi oleh suhu, dengan aktivitas dikendalikan oleh penyerapan ion secara selektif oleh insang dan beberapa fungsi tubuh lainnya (Jo *et al.*, 2019). Ikan dapat beradaptasi pada kisaran suhu air di daerah tropis yaitu 25 - 35°C (Howerton, 2001). Suhu tubuh ikan berdarah dingin meningkat seiring dengan kenaikan suhu air dan secara bersama metabolisme meningkat untuk mempertahankan suhu. Pada suhu air yang lebih hangat menyebabkan ikan membutuhkan lebih banyak makanan dan oksigen untuk bertahan hidup. Peningkatan suhu yang terjadi menyebabkan penurunan jumlah oksigen yang tersedia bagi ikan (Jain & Sharma, 2013). Pada suhu air yang lebih tinggi dapat menyebabkan ikan menggunakan sebagian besar energi yang tersimpan pada tubuhnya untuk berusaha menyesuaikan diri dengan habitat yang kurang mendukung sehingga dapat merusak pertukaran zat atau metabolisme (Neubauer & Andersen, 2019).

Salinitas

Salinitas merupakan sifat fisikokimia yang melekat pada air yang memiliki kandungan garam terlarut (terionisasi). Salinitas berkontribusi dalam menentukan karakteristik habitat ikan dan organisme akuatik lainnya. Salinitas mempengaruhi proses biokimia yang terjadi di dalam dan di luar sel (Kültz, 2015). Salinitas merupakan parameter lingkungan yang dapat bervariasi

sesuai dengan perubahan parameter eksternal lainnya seperti curah hujan, intensitas sinar matahari, dan suhu (Lakarmata *et al.*, 2022). Ikan memiliki kemampuan toleransi pada tingkat tekanan salinitas tertentu (kecil untuk spesies stenohalin dan besar untuk spesies euryhalin). Umumnya air tawar memiliki nilai salinitas yang kurang dari 0,5 ppt, dan air laut memiliki salinitas rata-rata 33 hingga 37 ppt (Sacchi *et al.*, 2013).



Gambar 1. Osmoregulasi pada ikan laut (Pamungkas, 2012)

Salinitas air menciptakan tekanan osmotik yang berbeda dengan organisme akuatik. Pada kondisi tersebut, hewan air melakukan proses osmoregulasi untuk menyeimbangkan tekanan osmotik tubuhnya sendiri dengan tekanan osmotik lingkungan di luar tubuhnya. Air yang masuk secara terus-menerus melalui insang pada ikan air tawar berlangsung melalui proses osmosis. Ikan air tawar menyerap garam mineral dari lingkungan dan menjaga keseimbangannya tanpa minum terlalu banyak air. Proses ikan air laut melibatkan hilangnya air dari tubuh melalui kulit, dimana ikan menyerap ion garam dari air laut yang masuk melalui mulutnya.



Selanjutnya organ tubuh ikan menyerap garam-garam seperti Na, K, dan Cl⁻, setelah itu air masuk ke dalam aliran darah. Insang kemudian mengangkut ion-ion tersebut dari darah keluar lingkungan luar tubuh (Gambar 1) (Pamungkas, 2012).

Pakan (Fish Feeding)

Pakan atau *fish feeding* merupakan faktor penting yang dapat menentukan kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan (Djonu & Pasaribu, 2021). Pemberian pakan mengukur kebutuhan nutrisi stok ikan sebagai sumber energi. Konsumsi nutrisi dari pakan dapat meningkatkan produksi panas tubuh, yang juga akan meningkatkan konsumsi oksigen (Kurniasih *et al.*, 2015). Pakan yang diberikan selama proses budidaya tergantung pada kebutuhan pembudidaya. Sebaliknya ikan yang hidup bebas di alam memanfaatkan makanan yang tersedia di alam (Yanuar, 2017). Dalam proses budidaya ikan, beberapa hal yang penting yang harus dilakukan meliputi pemenuhan nutrisi pada pakan yang cukup dan pemberian yang dilakukan secara tepat waktu. Pakan yang bermutu adalah pakan yang mempunyai unsur hara seimbang yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan ikan sesuai dengan nilai komersial yang bersangkutan. Dalam hal ini, tingkat pertumbuhan ikan dapat dipastikan sesuai dengan harapan. Terdapat beberapa parameter penting yang diamati pada penelitian pemberian pakan yaitu konversi pakan, tingkat kelulushidupan ikan, dan pertumbuhan mutlak (Tandi *et al.*, 2022). Pertumbuhan dapat terjadi melalui proliferasi

jaringan dari proses pembelahan sel mitosis akibat interaksi energi pakan dan protein. Tubuh ikan menggunakan energi tambahan untuk metabolisme, pergerakan, penggantian sel-sel yang rusak dan reproduksi. Pengaruh positif atau negatif terhadap metabolisme ikan dapat ditentukan dengan melihat komposisi pakan dan jumlah pakan yang dapat diserap dan dimanfaatkan ikan. Banyak bahan baku yang dianggap sebagai pakan ikan alternatif. Persyaratan bahan baku harus ada dalam bahan pakan adalah memiliki nilai gizi yang tinggi, ketersediaan dalam jumlah yang berkelanjutan, tidak bersaing dengan kebutuhan pangan fungsional, dan harga yang terjangkau (Prajayati *et al.*, 2020).

Konsentrasi Oksigen

Kadar atau konsentrasi kandungan oksigen merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat penting. Ketika oksigen terlarut menurun menjadi rendah, nafsu makan ikan menurun (berpotensi menurunkan daya tahan ikan terhadap penyakit) dan terus menurun sehingga berpotensi menyebabkan kematian akibat kekurangan oksigen (Yanuar, 2017). Rendahnya kadar oksigen terlarut dapat menyebabkan proses dekomposisi, pertumbuhan dan reproduksi tidak berjalan baik di habitatnya (Riadh *et al.*, 2017). Kebutuhan oksigen adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan organisme hidup, termasuk ikan. Oksigen yang masuk melalui proses pernapasan di insang untuk menunjang proses metabolisme dalam tubuh. Faktor densitas mempunyai pengaruh penting



terhadap jumlah konsumsi oksigen yang terjadi, dimana konsentrasi oksigen terlarut dapat menurun seiring dengan bertambahnya densitas dan bertambahnya waktu pengangkutan. Ada pula faktor biologis seperti berat badan, umur, aktivitas dan faktor stres yang mempengaruhi konsumsi oksigen dalam tubuh ikan. Parameter ini menggambarkan hubungan antara pengeluaran energi dalam proses metabolik dan aktivitas yang sedang berlangsung. Oksigen dalam tubuh ikan berperan dalam proses produksi energi, dimana mekanisme produksi energi tersebut adalah pemecahan glukosa menjadi energi dalam bentuk ATP pada proses respirasi aerobik dengan bantuan oksigen (Djauhari *et al.*, 2020).

Turbiditas

Turbiditas merupakan suatu derajat yang menyatakan kekeruhan atau kegelapan di dalam perairan yang disebabkan oleh partikel-partikel yang melayang atau tersuspensi. Turbiditas dapat mempengaruhi proses metabolisme tubuh ikan. Pada kolam budidaya, pemasangan aerator diperlukan sebagai sistem transportasi basah untuk suplai oksigen (Suwandi *et al.*, 2012). Kekeruhan adalah salah satu faktor eksternal atau lingkungan yang mempengaruhi kelangsungan hidup ikan, karena dapat mempengaruhi respirasi ikan dengan menutupnya insang (Suhendar *et al.*, 2020). Meningkatnya tingkat kekeruhan dapat mengganggu proses osmoregulasi, penglihatan dan sistem pernafasan ikan. Ketika kekeruhan terlalu tinggi, kadar oksigen

turun dan ikan mengalami stres yang disebabkan oleh banyaknya partikel dan bahan organik terlarut di dalam air (Febri *et al.*, 2020).

Studi kasus: faktor lingkungan tercemar terhadap respon fisiologis ikan kerapu

Kerapu adalah salah satu ikan laut komoditas ekspor yang dapat dipelihara dengan lingkungan terkontrol dan mempunyai harga pasar yang tinggi (Ismi & Asih, Yasmina, 2014). Ikan kerapu dapat hidup di perairan karang serta dapat ditemukan pada perairan tropis dan subtropis (Usman *et al.*, 2016). Ikan kerapu pada famili serranidae mendiami perairan dangkal terumbu karang, berbatu dan juga dapat ditemukan di perairan pasang surut. Pemeliharaan larva ikan kerapu berukuran 2 – 3 cm hingga benih berukuran 5 – 10 cm dapat disiapkan untuk pemeliharaan pembesaran. Tangki yang dapat digunakan juga dapat berbentuk apa saja dengan penerangan optimal 600 lux, air laut berkualitas baik yang diganti setiap hari sebanyak 300%, dan parameter kualitas air optimum dalam pemeliharaan ikan kerapu meliputi oksigen terlarut (DO) 6-8 mg/l, salinitas 25-35 g/l, suhu 27-32 °C, amonia terionisasi < 0,02 mg/l, dan pH 7,8-8,3 (Ismi *et al.*, 2012; Afero *et al.*, 2010).

Efek Pencemaran terhadap Respon Fisiologis Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*)

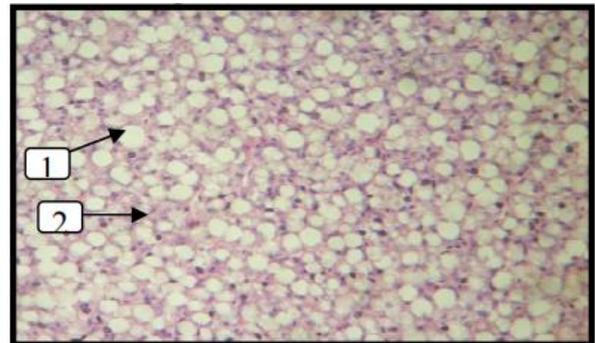
Secara umum aktivitas manusia di wilayah pesisir seringkali menimbulkan pencemaran limbah yang dapat membahayakan biota perairan. Meningkatnya



aktivitas manusia menyebabkan terjadinya pencemaran air di banyak tempat yang pada akhirnya menyebabkan pencemaran air (Hadinoto & Setyadewi, 2020). Distribusi dan penyerapan suspensi logam berat pada ikan bergantung pada bentuk senyawa dan konsentrasi kontaminan, struktur sedimen, serta jenis dan aktivitas mikroorganisme (Hidayah *et al.*, 2014). Logam berat mempunyai sifat bioakumulatif dan magnikatif yang artinya dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui rantai makanan dalam waktu yang lama, setelah itu pengaruhnya juga berakhir pada manusia. Kelompok juga dapat terkontaminasi logam berat karena umumnya bersifat tahan api, mirip dengan terumbu karang. Terumbu karang merupakan daerah tangkapan pertama pencemaran dari muara dan biasanya membawa bahan pencemar seperti logam berat yang sebagian besar masuk ke tubuh ikan melalui rantai makanan fitoplankton (Amriami *et al.*, 2012).

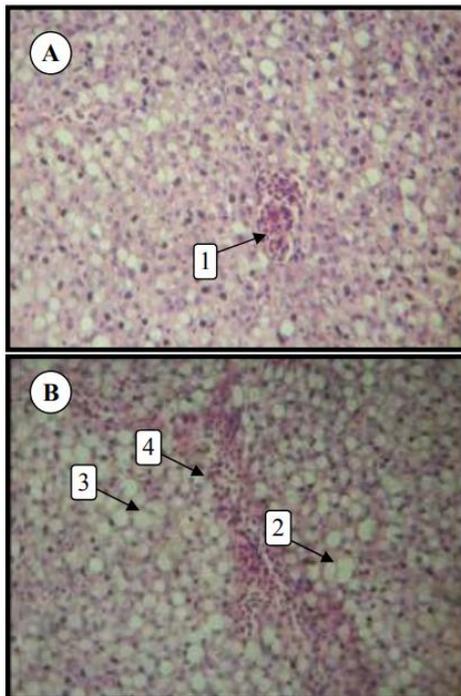
Penelitian Triadayani *et al.* (2010) menunjukkan hasil pengaruh toksik timbal terhadap ikan kerapu bebek mengakibatkan efek seperti kerusakan pada sel hati berupa degenerasi melemak, nekrosis hepatitis, kongesti, degenerasi hidrofik dan hemoragi. Beberapa logam berat yang mencemari meliputi tembaga (Cu), krom (Cr), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb). Berdasarkan hasil penelitian Triadayani *et al.* (2010), histologi hati ikan kerapu (*Cromileptes altivelis*) pada perlakuan Pb dengan konsentrasi 0.05 ppm kontrol terbukti memiliki

sifat toksik. Pengamatan hati ikan hidup dipertimbangkan karena, meskipun jaringan hati rusak, ikan masih mampu mentoleransi konsentrasi timbal tertentu.



Gambar 2. Hasil pengamatan histologi hati ikan kerapu bebek pada konsentrasi Pb 0.05 ppm (1.Degenerasi melemak; 2.Degenerasi hidrofik) (Triadayani *et al.*, 2010)

Pada konsentrasi Pb 0,05 ppm, dilaporkan terjadi perubahan bentuk yang menyebabkan steatosis hepatosit akibat penumpukan lemak, kerusakan inti sel, dan penyusutan jaringan hepatosit. Selain itu, terjadi degradasi hidrofilik pada Gambar 2, dimana pembengkakan hepatosit yang berkembang dibuktikan dengan adanya vakuola pada sitoplasma sel dan vakuola tampak membesar bergerak ke arah tepi sel.



Gambar 3. Hasil pengamatan jaringan hati ikan kerapu bebek pada konsentrasi Pb 0,10 ppm (1.Hemoragi; 2.Degenerasi melembak; 3.Degenerasi hidrofik; 4.Kongesti) (Triadayani *et al.*, 2010)

Kerusakan tambahan (Gambar 3.) menjelaskan kondisi organ hati bila terkena Pb pada konsentrasi 0,10 ppm pada perbesaran 40x, yang menunjukkan adanya perdarahan. Jaringan yang rusak akibat paparan zat beracun. Hemoragi atau pendarahan ditandai dengan adanya bintik merah berupa darah di dalam pembuluh darah. Penggumpalan darah atau kongesti yang disebabkan oleh sirkulasi darah yang buruk, sehingga menyebabkan kekurangan oksigen dan nutrisi. Kongesti pada hati dimulai pada vena sentral dan kemudian menyebar ke dinding sinusoidal yang tersusun tidak beraturan, yang berisi sel darah merah yang tampaknya telah menembus dinding sinusoidal.

Bahan pencemar yang masuk pada suatu perairan dapat berpotensi mengganggu kondisi fisiologis tubuh organisme perairan, salah satunya ikan kerapu. Terdapat banyak bahan pencemar toksik dan dampak yang ditimbulkan tergantung pada keberadaan air, sedimen, konsentrasi dan daya toksik. Selanjutnya akan melewati proses fisik dan biologis. Bahan pencemar yang masuk pada perairan dapat mengakibatkan terganggunya fisiologis tubuh hewan perairan, salah satunya ikan kerapu. Berbagai pencemar toksik yang terdapat dalam perairan, beberapa diantaranya adalah deterjen dan logam berat. Dampak yang ditimbulkan bergantung pada keberadaan air dan sedimen, toksisitasnya, dan konsentrasinya di lingkungan. Ada dua proses yaitu proses fisik dan proses biologis. Proses fisiknya meliputi pengendapan senyawa cemaran yang berasal dari air atau endapan senyawa tersebut pada bagian tubuh, insang, atau bukaan membran lainnya. Ikan juga diduga terkontaminasi karena proses biologis terjadi melalui rantai makanan dan konsumsi kontaminan dalam jangka panjang tidak dapat dihindari.

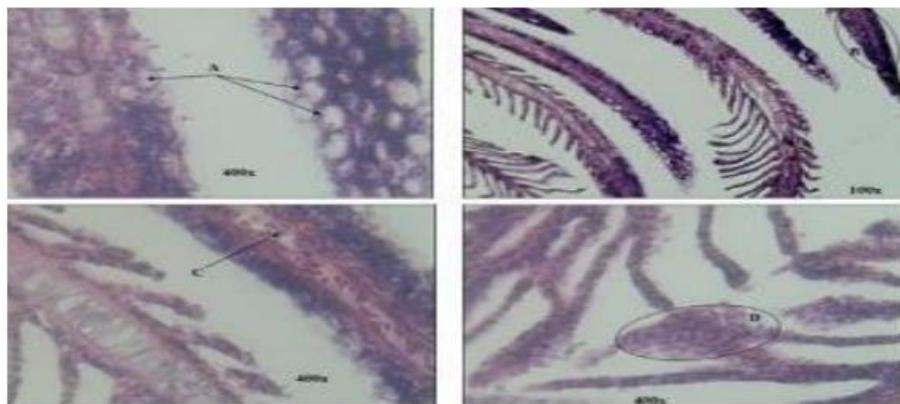
Pengaruh Surfaktan Linear Alkilbenzene Sulfonate (LAS) terhadap Respon Fisiologis Benih Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*)

Selain logam, bahan polutan lainnya yang juga mencemari lingkungan yaitu limbah deterjen. Limbah deterjen mencemari lingkungan karena mengandung zat LAS yang juga merupakan limbah rumah tangga (Kristianti *et al.*, 2019). Limbah deterjen yang

masuk ke perairan berasal dari kegiatan rumah tangga akan mempengaruhi fisiologi hingga dapat mematikan organisme perairan (Ismarti *et al.*, 2017).

Kristianti *et al.* (2019) melakukan uji toksisitas dan surfaktan LAS pada insang dan hati benih ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*), berumur 55–75 hari, panjang badan 4–5 cm, dan berat 1–2.5 g. Selanjutnya

dilakukan diaklimatisasi terlebih dahulu selama sehari kemudian diberikan pakan artemia dan aerasi. Tambahkan 1 g bubuk LAS dan 5.000 ml air laut pada labu ukur 5.000 ml dan dihomogenkan supaya larutan tersebut terlarut.



Gambar 4. Hasil pengamatan insang benih ikan kerapu bebek dengan konsentrasi 1.58 mg/l (Kristianti *et al.*, 2019)

Pada konsentrasi 1.58 mg/L menunjukkan perubahan bentuk dimana sel hati mengalami pendarahan (A) ditandai dengan eritrosit atau sel darah merah berada di luar pembuluh darah, kongesti (B) ditunjukkan dengan tertahannya eritrosit di pembuluh darah, degenerasi lemak (C) ditandai dengan terbentuknya vakuola intraseluler akibat campuran sitoplasma dan lemak, yang menyebabkan hilangnya inti sel, dan degenerasi hidrofik (D) ditandai dengan bertambahnya ukuran sel berisi cairan akibat tekanan osmotik sel. Kerusakan insang terjadi secara linier seiring dengan meningkatnya konsentrasi surfaktan LAS. Peningkatan surfaktan LAS pada insang disebabkan oleh

penetrasi surfaktan LAS yang terus menerus ke dalam tubuh ikan.

Suplementasi Kromium-ragi (Cr Organik) pada pakan terhadap Laju Pertumbuhan Ikan Kerapu Cantang (*Epinephelus fuscoguttatus lanceolatus*)

Kromium memiliki peran membantu insulin melakukan tugasnya dalam metabolisme lemak, protein, dan karbohidrat (glukosa) di dalam tubuh. Kromium merupakan faktor insulin dalam pengangkutan glukosa dari darah menuju ke jaringan (Liu *et al.*, 2010). Penelitian Lobo *et al.* (2022), pemberian tambahan kromium-ragi (Cr-organik) pada pakan sebagai sumber energi non protein agar dapat dimanfaatkan oleh



tubuh ikan. Benih ikan kerapu cantang yang digunakan berukuran 7 cm dan berjumlah 70 benih, serta kromium yang digunakan adalah kromium GTF merk Jarrow Formulas. Pakan yang digunakan merupakan campuran pakan megami, kromium dan progol sebagai bahan pengikat. Jumlah kromium yang berbeda diberikan pada setiap perlakuan untuk mempelajari pengaruhnya terhadap laju pertumbuhan ikan kerapu cantang.

Lobo *et al.* (2022) mengidentifikasi penggunaan kromium dengan dosis 2.5 mg/kg sebagai dosis optimal untuk laju pertumbuhan dan konversi pakan ikan kerapu cantang. Penambahan kromium pada pakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju pertumbuhan dan konversi pakan ikan kerapu cantang. Pertambahan berat badan pada ikan kerapu cantang disebabkan oleh adanya kromium dalam pakan yang memberikan efek positif terhadap aktivitas insulin dengan mendukung sistem kerja faktor toleransi glukosa yang mengubah glukosa menjadi energi untuk pertumbuhan ikan kerapu cantang.

KESIMPULAN

Ikan memiliki habitat sebagai tempat untuk bertumbuh, berkembang dan bereproduksi. Tantangan ikan terjadi pada saat kondisi lingkungan hidupnya berubah, sehingga individu tersebut perlu merespon dengan cara yang tepat agar dapat menjaga kondisi homeostatis pada tubuh ikan. Faktor

yang memiliki pengaruh terhadap aktivitas metabolisme meliputi faktor internal dan eksternal. Bahan pencemar yang masuk pada perairan dapat mengakibatkan terganggunya fisiologis tubuh hewan perairan, salah satunya ikan kerapu. Berbagai pencemar toksik yang terdapat dalam perairan, beberapa diantaranya adalah deterjen dan logam berat. Dampak yang terjadi bergantung pada keberadaan air dan sedimen, potensi toksisitasnya, dan konsentrasi toksisitas tersebut di lingkungan. Zat beracun masuk ke dalam tubuh ikan melalui proses fisik dan biologis. Dengan mempertimbangkan penggunaan bahan organik termasuk kromium-ragi, yang dapat menjadi bahan pengganti pakan ikan dan mempunyai efek menguntungkan terhadap pertumbuhan, metabolisme, respon fisiologis dan laju pertumbuhan kehidupan ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afero F, Miao S, Perez AA. 2010. Economic Analysis of Tiger Grouper *Epinephelus fuscoguttatus* and Humpback Grouper *Cromileptes altivelis* Commercial Cage Culture in Indonesia. *Aquaculture International*, 18(5), 725–739.
- Amriarni A, Hendrarto B, Hadiyanto A. 2012. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) Dan Kerang Bakau (*Polymesoda Bengalensis L.*) Di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 9(2), 45.
- Assan D, Huang Y, Mustapha UF, Addah MN, Li G, Chen H. 2021. Fish Feed Intake, Feeding Behavior, and The



- Physiological Response of Apelin to Fasting and Refeeding. *Frontiers in Endocrinology*, 12, 798903.
- Bailey, L., Childs AR, James N, Winkler A, Potts W. 2022. Links Between Behaviour and Metabolic Physiology in Fishes in The Anthropocene. *Reviews In Fish Biology and Fisheries*, 32, 1–25.
- Blewett TA, Robertson LM, Maclatchy DL, Wood CM. 2013. Impact of Environmental Oxygen, Exercise, Salinity, And Metabolic Rate on The Uptake and Tissue-Specific Distribution of 17 α -Ethinylestradiol in The Euryhaline Teleost *Fundulus Heteroclitus*. *Aquatic Toxicology*, 138–139, 43–51.
- Campos DF, Val AL, Almeida-Val VMF. 2018. The Influence of Lifestyle and Swimming Behavior on Metabolic Rate and Thermal Tolerance of Twelve Amazon Forest Stream Fish Species. *Journal Of Thermal Biology*, 72(January), 148–154.
- Chapman JM, Kelly LA, Teffer AK, Miller KM, Cooke SJ. 2021. Disease Ecology of Wild Fish: Opportunities and Challenges for Linking Infection Metrics with Behaviour, Condition, And Survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 78(8), 995–1007.
- Djauhari R, Matling M, Monalisa SS, Sianturi E. 2020. Respon Glukosa Darah Ikan Betok (*Anabas Testudineus*) Terhadap Stres Padat Tebar. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika (Journal of Tropical Animal Science)*, 8(2).
- Djonu A, Pasaribu W. 2021. Review: Bahan Lokal Dalam Pakan Sebagai Alternatif Terhadap Pertumbuhan Dan Kelulushidupan Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*). *Jurnal Aquatik*, 4(1).
- Febri SP, Antoni A, Rasuldi R, Sinaga A, Haser TF, Syahril M, Nazlia S. 2020. Adaptasi Waktu Pencahayaan Sebagai Strategi Peningkatan Pertumbuhan Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma Macropomum*). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 7(2).
- Hadinoto S, Setyadewi MN. 2020. Kandungan Logam Berat Pb Dan Cd Pada Ikan Di Teluk Ambon Dalam. *Majalah Biam, E-Jurnal Balai Riset Dan Standardisasi Industri Ambon.*, 16(1), 6–12.
- Hidayah AM, Purwanto P, Soeprbowati TR. 2014. Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Pb, Cd, Cr Dan Cu Pada Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus Linn.*) Di Karamba Danau Rawa Pening. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 16(1), 1–9.
- Howerton R. 2001. Best Management Practices for Hawaiian, Hawaii: Center Tropical and Subtropical Aquaculture.
- Islam Md A, Uddin Md H, Uddin Md J, Shahjahan Md. 2019. Temperature Changes Influenced the Growth Performance and Physiological Functions of Thai *Pangas Pangasianodon Hypophthalmus*. *Aquaculture Reports*, 13, 100179.
- Ismarti I, Ramses R, Suheryanto S, Amelia F. 2017. Heavy Metals (Cu, Pb and Cd) In Water and Angel Fish (*Chelmon Rostractus*) From Batam Coastal, Indonesia. *Omni-Akuatika*, 13(1).
- Ismi S, Asih Y. 2014. Peningkatan Jumlah Dan Kualitas Produksi Benih Ikan Kerapu Melalui Pengkayaan Pakan Alami. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2), 403–414.
- Ismi S, Sutarmat T, Giri NA, Rimmer MA, Knuckey RMJ, Berding AC, Sugama K. 2012. Nursery Management of Grouper: A Best-Practice Manual. *Aciar*.



- Jain S, Sharma DG. 2013. Effects Of Temperature Variations on Fish in Lakes. *International Journal of Engineering Research*, 2(10).
- Jo T, Murakami H, Yamamoto S, Masuda R, Minamoto T. 2019. Effect of Water Temperature and Fish Biomass on Environmental Dna Shedding, Degradation, And Size Distribution. *Ecology And Evolution*, 9(3), 1135–1146.
- Jönsson E, Björnsson BT. 2002. Physiological Functions of Growth Hormone in Fish with Special Reference to Its Influence On Behaviour. *Fisheries Science*, 68(Sup1), 742–748.
- Kristianti D, Paramitha R, Agustriani F, Diansyah G. 2019. Uji Toksisitas Surfaktan Linear Alkilbenzene Sulfonate (LAS) Histologi Insang Dan Hati Benih Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes Altivelis*). *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 8(1), 107–116.
- Kültz D. 2015. Physiological Mechanisms Used by Fish to Cope with Salinity Stress. *Journal of Experimental Biology*, 218(12), 1907–1914.
- Kurniasih, Subandiyono, Pinandoyo. 2015. Pengaruh Minyak Ikan Dan Lesitin Dengan Dosis Berbeda Dalam Pakan Terhadap Pemanfaatan Pakan Dan Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(3).
- Lakarmata MY, Santoso P, Lukas AYH. 2022. Mortalitas Larva Dan Derajat Pencapaian Juvenil Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Pada Salinitas Berbeda. *Jurnal Aquatik*, 5(2).
- Liu T, Wen H, Jiang M, Yuan D, Gao P, Zhao Y, Wu F, Liu W. 2010. Effect of Dietary Chromium Picolinate on Growth Performance and Blood Parameters in Grass Carp Fingerling, *Ctenopharyngodon Idellus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36(3), 565–572.
- Lobo C, Tjendanawangi A, Rebhung F. 2022. Pengaruh Penambahan Kromium-Ragi (Cr Organic) Pada Pakan Terhadap Laju Pertumbuhan Ikan Kerapu Cantang (*Epinephelus Fuscoguttatus Lanceolatus*). *Jurnal Aquatik*, 5(2).
- Maizar A, Hertika S, Arfiati D, Lusiana ED, Baghaz R, Putra DS, Brawijaya U, Veteran J. 2021. Analisis Hubungan Kualitas Air Dan Kadar Glukosa Darah *Gambusia Affinis* di Perairan Sungai Brantas. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3), 522–530.
- Martos-Sittha JA, Mancera JM, Prunet P, Magnoni LJ. 2020. Editorial: Welfare and Stressors in Fish: Challenges Facing Aquaculture. *Frontiers In Physiology*, 11.
- Mofizur, Rahman M, Bae Kim H, Ja Baek H. 2019. Changes in Blood Cell Morphology and Number of Red Spotted Grouper, *Epinephelus Akaara* in Response to Thermal Stress. *Development & Reproduction*, 23(2), 139–148.
- Nadler LE, Bengston E, Eliason EJ, Hassibi C, Helland-Riise SH, Johansen IB, Kwan GT, Tresguerres M, Turner AV, Weinersmith KL, Øverli Ø, Hechinger RF. 2021. A Brain-Infecting Parasite Impacts Host Metabolism Both During Exposure and After Infection is Established. *Functional Ecology*, 35(1), 105–116.
- Neubauer P, Andersen KH. 2019. Thermal Performance of Fish is Explained by An Interplay Between Physiology, Behaviour and Ecology. *Conservation Physiology*, 7(1).



- Pamungkas W. 2012. Aktivitas Osmoregulasi, Respons Pertumbuhan, dan Energetic Cost pada Ikan yang Dipelihara dalam Lingkungan Bersalinitas. *Media Akuakultur*, 7(1), 44.
- Prajayati VTF, Hasan ODS, Mulyono M. 2020. Magot Flour Performance in Increases Formula Feed Efficiency and Growth of Nirwana Race Tilapia (*Oreochromis Sp.*). *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 22(1).
- Riadhi,L, Rivai M, Budiman F. 2017. Sistem Pengaturan Oksigen Terlarut Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler Teensy Board. *Jurnal Teknik Its*, 6(2).
- Sacchi R, Li J, Villarreal F, Gardell AM, Kultz D. 2013. Salinity-Induced Regulation of The Myo-Inositol Biosynthesis Pathway in Tilapia Gill Epithelium. *Journal Of Experimental Biology*, 216(24), 4626–4638.
- Shahjahan M, Uddin MH, Bain V, Haque MM. 2018. Increased Water Temperature Altered Hemato-Biochemical Parameters and Structure of Peripheral Erythrocytes in *Striped Catfish Pangasianodon Hypophthalmus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 44(5), 1309–1318.
- Smith MM, Heemstra PC. 2012. *Smiths' Sea Fishes*. Springer Science & Business Media.
- Sokolova I. 2008. Poikilotherms. In S. E. Jørgensen & B. D. Fath (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Pp. 2851–2854).
- Su M, Liu N, Zhang Z, Zhang J. 2022. Osmoregulatory Strategies of Estuarine Fish *Scatophagus Argus* in Response to Environmental Salinity Changes. *Bmc Genomics*, 23, 545.
- Suhendar DT, Sachoemar SI, Zaidy AB. 2020. Hubungan Kekeruhan Terhadap Suspended Particulated Matter (Spm) Dan Klorofil Dalam Tambak Udang. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3).
- Suwandi R, Nugraha R, Novila W. 2012. Penurunan Metabolisme Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) pada Proses Transportasi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava Var. Pyliferum*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 15(3).
- Tandi IR, Rebhug F, Tjendanawangi A. 2022. Pencampuran Tepung Limbah Ikan Tuna (*Thunnus Sp*) Pada Pakan Yang Optimal Untuk Pertumbuhan Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*). *Jurnal Aquatik*, 5(1).
- Triadayani A, Aryawaty R., Diansyah G. 2010. Pengaruh Logam Timbal (Pb) Terhadap Jaringan Hati Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes Altivelis*). *Maspari Journal*, 1(1), 42–47.
- Usman U, Palinggi N, Kamaruddin K, Makmur M, Syah R. 2016. Pengaruh Kadar Protein dan Lemak Pakan terhadap Pertumbuhan dan Komposisi Badan Ikan Kerapu Macan, *Epinephelus Fuscoguttatus*. *Jurnal Riset Akuakultur*, 5, 277.
- Volkoff H, Rønnestad I. 2020. Effects of Temperature on Feeding and Digestive Processes in Fish. *Temperature*, 7(4), 307–320.
- Yang SP, Liu HL, Guo WJ, Wang CG, Sun CB, Chan SF, Li SC, Tan ZH. 2020. Effects of Salinity and Temperature on The Metabolic and Immune Parameters of The Banana Shrimp *Fenneropenaeus Merguensis* (De Man, 1988). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*.



Yanuar V. 2017. Pengaruh Pemberian Jenis Pakan Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) dan Kualitas Air di Akuarium Pemeliharaan. 42(2), 91–99.