

Uji Perilaku dan Preferensi Area pada Ikan Zebrafish (*Danio rerio*) yang Diinduksi Stres

¹Adisty Virakawugi Darniwa, ¹Tri Cahyanto, ¹Astuti Kusumorini, ¹Zashika Meidita Eka Putri, ¹Risda Arba Ulfa, ¹Ayuni Adawiyah, ²Ida Yayu Nurul Hizqiyah
¹Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung
²Jurusan Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Pasundan

e-mail: adistyvd@uinsgd.ac.id

Abstrak

Sistem stres ikan zebra diwakili oleh poros HPI yang serupa dengan poros HPA pada mamalia untuk mengendalikan sirkulasi kortisol sebagai hormon terkait respon stres. Ikan yang berada dalam keadaan stres diduga mempengaruhi perilaku dan preferensi area sesuai dengan parameter yang ditentukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji efek induksi stres suhu terhadap preferensi area dan perilaku ikan zebra. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan parameter uji: preferensi area gelap/terang, preferensi area bawah/atas, dan munculnya perilaku imobilitas dan gerakan tidak menentu. Ikan diamati di tiga akuarium uji secara individual, yaitu akuarium uji gelap/terang, akuarium tangki penyelaman (atas/bawah), dan akuarium uji lapangan terbuka. Data dianalisis secara statistik menggunakan Uji T berpasangan dengan signifikansi $P < 0,05$. Stres suhu yang diberikan mempengaruhi preferensi area pada ikan zebra, preferensi pada area terang lebih tinggi (rata-rata 33,29 detik/menit) dibandingkan area gelap, preferensi pada area bawah akuarium lebih tinggi (rata-rata 44,96 detik/menit) dibandingkan area bawah, dan perilaku berupa imobilitas dan gerakan tidak menentu ditunjukkan oleh ikan zebra sebagai indikasi respon stres. Disimpulkan bahwa perilaku dan preferensi area terpengaruh oleh paparan stresor suhu yang diduga terkait dengan produksi kortisol.

Kata Kunci: *Danio rerio*, perilaku, preferensi, respon stres, stres suhu

Abstract

Stress system of zebrafish is represented by an HPI axis similar to the HPA axis in mammals for controlling circulating cortisol as stress response related hormone. Fish that are in a state of stress are thought to affect behavior and area preferences according to the specified parameters. The aim of this study is to examine effect of stress-induced temperature on area preferences and zebrafish behavior. This research was conducted experimentally with parameters: preference for dark/light areas, preference for top/bottom areas, as well as the appearance of immobility and erratic movements. Fish were observed in three test aquariums individually, namely the dark/light aquarium test, the dive tank (top/bottom), and the open field test to see the stress response that emerged. Data were analyzed statistically using paired T-test with significance at $P < 0.05$. Temperature stressors are exposed to zebrafish affected area preference in zebrafish, preference in bright areas was higher than dark areas (33,29 second/minute). Preference in the bottom area test was higher compared to lower area (44,96 seconds/minutes). Behavior of immobility and erratic movement are shown by zebrafish as an indication of stress response. It was concluded that the behavior and preferences of the area were affected by exposure to temperature stressors which are thought to be associated with cortisol production.

Keywords : *behavior, Danio rerio, preferences, stress response, temperature stress*

I. PENDAHULUAN

Stres merupakan suatu kondisi dimana homeostatis suatu individu terganggu yang disebabkan oleh stimulus eksternal yang disebut *stressor*, kemudian individu akan berusaha mempertahankan homeostatis pada setiap aspek yang terkena. Stres juga dapat terjadi karena faktor internal (Wendelaar dkk., 1997). Pada ikan, secara umum stress berkaitan dengan adanya

perubahan lingkungan secara alami (Kubulay, A., Ulukoy, 2002).

Respon stres pada ikan memiliki banyak kemiripan dengan vertebrata yang ada di darat (Wendelaar dkk., 1997). Salah satu stimuli stres yang dapat diberikan pada ikan adalah temperatur atau suhu tinggi yang berbeda dengan lingkungannya. Peningkatan suhu air pada ikan dapat mengakibatkan stres yang berdampak pada

kinerja dan kesehatan ikan (El-Sherif & El-Feky, 2009).

Suhu yang tinggi dalam batas toleransi pada ikan dapat membuat efek jangka panjang, misalnya stres yang kemudian menyebabkan ikan memiliki tubuh yang lemah dan perubahan tingkah laku yang abnormal (Irianto, 2005). Peningkatan atau penurunan suhu air yang signifikan dapat menyebabkan perubahan fisiologis pada hewan vertebrata, sehingga hewan berada dalam tahap kelelahan, hal ini merupakan respon terhadap stres (Burka, J.F., Briand, H.A., dan Wartman, 1998).

Ikan zebra adalah subjek eksperimental yang ideal untuk bidang penelitian perilaku (Champagne, Hoefnagels, de Kloet, dan Richardson, 2010), karena ikan zebra memiliki sumbu Hipotalamus Hipofisis Interrenal yang mirip dengan HPA (*Hypothalamic-pituitary-adrenal axis*) pada manusia.

Untuk memahami sepenuhnya apakah *stressor* yang diterapkan ini valid secara statistik maka perubahan perilaku yang terkait dengan stres harus didefinisikan secara benar (Brezeale, 2013). Pada organisme, timbal balik antara respons dengan stimulus adalah bagian studi tentang perilaku. Perilaku sangat erat kaitannya dengan mekanisme kerja suatu hewan, dimana hal tersebut dipengaruhi oleh fisiologi hewan itu sendiri (Suhara, 2010). Preferensi sebagai bagian dari perilaku merupakan kisaran toleransi tertentu makhluk hidup terhadap besaran dari kondisi lingkungan hidupnya (Fadly, Cahyanto, dan Haryono, 2018).

Menurut Clark, Boczek, dan Ekker (2011), perilaku yang dilihat dalam tangki akuarium untuk menguji kecemasan dan keberanian adalah parameter stres yang dapat dilihat dan diamati langsung pada ikan zebra. Penilaian respon stres sangat menarik dalam berbagai bidang yang berbeda, termasuk penelitian biomedis dan praklinis (Maximino dkk., 2010). Sehingga penelitian ini menjadi awal yang penting untuk dilakukan dalam mempelajari konsep dasar yang berkaitan dengan fisiologi stres dilihat dari perilaku dan preferensi area pada ikan zebra.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Juni-Juli 2020. Pemeliharaan hewan uji dan pengujian terhadap hewan uji dilakukan di ruangan berukuran PxLxT (2,1 x 3 x 2,8 m).

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari peralatan gelas dan peralatan nongelas. Peralatan gelas terdiri dari akuarium kaca, *beaker glass* (1000 ml). Peralatan nongelas yaitu wadah plastik, akuarium plastik, jaring ikan kecil, gelas ukur plastik, termometer air raksa, timbangan digital, gayung, *timer*, dan kamera. Bahan yang digunakan adalah Ikan Zebra dewasa (*Danio rerio*) berjumlah 135 ekor, berusia sekitar 3-4 bulan (sebagai hewan uji), pakan kering *Tetra Bits complete* (Tetra), kertas lakmus pH, tisu, sarung tangan, air.

C. Metode Penelitian

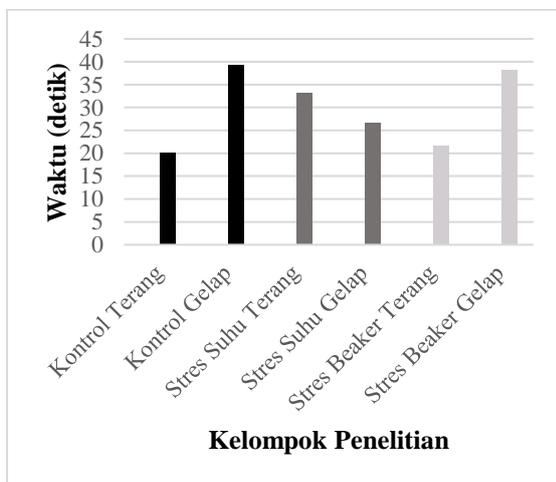
Terdapat tiga kelompok perlakuan, yaitu kelompok kontrol, kelompok stresor suhu dan kelompok stresor beaker. Ikan zebra diaklimatisasi selama 7 hari sebagai masa adaptasi, pakan ikan diberi 2 kali sehari. Stresor suhu merupakan kondisi lingkungan dengan suhu tinggi (*heat stress*), sedangkan stresor beaker merupakan pemisahan ikan dari kelompoknya. Tiga akuarium uji digunakan untuk mengetahui pengaruh paparan stresor yang diberikan terhadap perilaku dan preferensi area, yaitu akuarium uji gelap/terang, akuarium lapangan terbuka, dan kolam penyelaman. Semua pengamatan direkam oleh kamera. Pada akuarium uji gelap/terang dicatat waktu yang dihabiskan ikan di area gelap dan terang. Kemudian, pada akuarium kolam penyelaman (atas/bawah) dicatat waktu yang dihabiskan ikan di area bawah/dasar dan di area atas akuarium. Sementara itu, pada akuarium lapangan terbuka dicatat total waktu ikan ketika menunjukkan perilaku tidak menentu dan perilaku imobilitas. Semua data hasil pengamatan dikumpulkan untuk kemudian dianalisis menggunakan *Software Statistical Package for Sosial Science* (SPSS) versi 23.0 dengan signifikansi $P < 0,05$.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, perilaku dan preferensi area dianalisis melalui paparan stresor yang diberikan kepada ikan zebra. Stresor merupakan unsur yang menyebabkan stres terjadi dan memunculkan berbagai respon (Purnama, 2003). Perubahan perilaku yang terkait dengan stres harus didefinisikan, supaya dapat dipahami sepenuhnya apakah stresor yang diberikan ini valid secara statistik (Brezeale, 2013). Terdapat banyak tuntunan untuk melihat perilaku pada ikan zebra, diantaranya yaitu tangki penyelaman, area lapangan terbuka dan tes pada kondisi lingkungan gelap-terang (Levin dkk., 2007).

A. Uji Preferensi Gelap/Terang

Ikan zebra memiliki motivasi naluriah untuk menghabiskan lebih banyak waktu secara signifikan di sisi gelap tangki sebagai sarana perlindungan diri dari gambaran kecemasan terhadap pemangsa potensial, diukur dari total waktu yang dihabiskan di area yang gelap dibandingkan dengan area yang terang (Maximino dkk., 2010). Pada tes ini, digunakan akuarium dengan kondisi gelap dan terang. Dari Gambar 1. dapat dilihat bahwa ikan zebra pada kelompok kontrol menunjukkan preferensi yang paling tinggi pada area gelap (selama 39,38 detik/menit) daripada area terang (20,18 detik/menit) dibandingkan dengan kedua kelompok stresor.



Gambar 1. Hasil Tes Preferensi Area (Gelap-Terang) dilakukan selama 11 menit yang merupakan rata-rata waktu yang dihabiskan di area terang dan area gelap untuk seluruh kelompok. Pada kelompok kontrol dan stresor beaker waktu yang dihabiskan ikan lebih tinggi di area yang gelap ($p < 0,05$), sedangkan untuk kelompok stresor suhu waktu yang dihabiskan di area terang lebih tinggi dibandingkan dengan di area yang gelap ($p > 0,05$).

Ikan Zebra di kelompok kontrol memiliki preferensi di area gelap karena hal ini merupakan bawaan alami dari ikan zebra. Perilaku bawaan dari ikan zebra untuk memilih area yang lebih nyaman dan perilaku tersebut merupakan adaptasi alami karena ikan merasa lebih aman di area yang gelap. Menurut Serra, Medalha, dan Mattioli (1999), spesies ikan zebra memiliki preferensi alami pada area yang gelap dan mereka merasa aman berada dalam area tersebut. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa waktu yang dihabiskan oleh ikan zebra pada area gelap lebih tinggi secara signifikan dibandingkan waktu yang ikan zebra gunakan pada area terang.

Berbanding terbalik pada kelompok kontrol, kelompok yang diberikan paparan stres suhu menunjukkan preferensi yang lebih tinggi pada area yang terang dibandingkan dengan area yang

gelap, dengan rata-rata waktu sebesar 33,29 detik/menit. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Angiulli dkk., (2020) dimana ikan zebra yang diberikan stres panas menghabiskan waktu lebih lama di area terang yang menunjukkan munculnya peningkatan motivasi untuk menjelajahi lingkungan meskipun ada kemungkinan resiko.

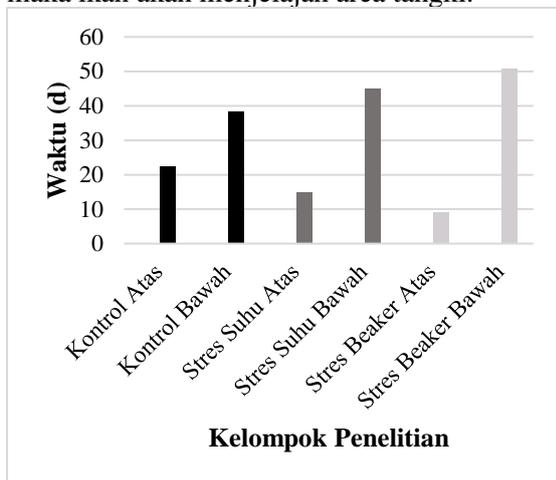
Ikan zebra fish dipisahkan dari koloninya untuk diberi perlakuan stress beaker. Pada kelompok ikan yang diberikan stres beaker memiliki rata-rata nilai preferensi pada area terang sebesar 21,72 detik/menit dan preferensi pada area gelap sebesar 38,34 detik/menit. Setelah diberikan perlakuan stress beaker, ikan zebra juga berenang dengan kecepatan yang tinggi dan melakukan eksplorasi terhadap akuarium uji dibandingkan dengan kelompok stresor suhu. Melalui uji t berpasangan antara area gelap dan terang dikelompok ini dihasilkan ($p < 0,05$) yang berarti secara signifikan ikan zebra menghabiskan waktu lebih lama pada area gelap dibandingkan di area terang.

Setelah dipaparkan stres, ikan mungkin mengalami kecemasan yang ditandai dengan meningkatnya preferensi pada area yang lebih aman yaitu pada area gelap dan memiliki penghindaran yang tinggi pada area yang terang. Menurut Blaser dkk., (2010) penghindaran terhadap area terang mungkin mencerminkan kecemasan. Perilaku yang terkait stres sering disebut sebagai kecemasan yang bermanifestasi menjadi perilaku menghindar atau keengganan terhadap suatu hal (Belzung & Griebel, 2001).

B. Uji Preferensi Area Tangki Penyelaman (Atas/Bawah)

Uji preferensi area tangki penyelaman bertujuan untuk mengetahui perbandingan waktu yang dihabiskan oleh ikan zebra di area atas tangki dibandingkan area bawah tangki. Secara alami ikan zebra akan memilih untuk berenang di bagian bawah tangki sebagai salah satu bentuk perilakunya dalam menghindari predator. Uji ini merupakan salah satu metode yang biasa digunakan untuk mengukur tingkat stres pada ikan zebra. Uji tangki penyelaman memanfaatkan perilaku naluriah ikan zebra untuk menyelam di dasar (Levin dkk., 2007). Pengamatan dilakukan dalam waktu 6 menit, data yang diambil merupakan hasil total waktu di setiap area setiap menitnya, sehingga didapatkan 5 data waktu (dalam satuan detik) dari setiap ikan yang digunakan.

Gambar 2. menunjukkan bahwa kelompok kontrol memiliki rata-rata preferensi area di atas tertinggi jika dibandingkan dengan kelompok ikan yang diberikan stres. Kelompok kontrol memiliki nilai rata-rata sebesar 22,42 detik/menit pada area atas, sedangkan kelompok stres suhu memiliki nilai yang lebih rendah yaitu sebesar 15,04 detik/ menit di area atas. Kelompok kontrol memiliki preferensi paling tinggi untuk menghabiskan waktu dibagian atas dibandingkan dengan kelompok lainnya. Hal ini menunjukkan kelompok ikan kontrol beradaptasi lebih cepat dan merasa nyaman akan lingkungan baru karena tidak memiliki stres yang cukup untuk memilih tetap tinggal lebih lama di bagian bawah akuarium. Sesuai dengan pernyataan Levin dkk., (2007) dimana ikan zebra secara alami akan menyelam ke dasar tangki untuk mencari perlindungan, ketika ikan merasa cukup aman maka ikan akan menjelajah area tangki.



Gambar 2. Hasil Tes Preferensi Area Tangki Penyelaman (Atas/Bawah) dilakukan selama 6 menit yang merupakan rata-rata waktu yang dihabiskan di area atas dan area bawah tangki untuk seluruh kelompok. Rata-rata waktu yang dihabiskan di area bawah lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan di area atas untuk semua kelompok stresor dan juga kelompok kontrol ($p < 0,05$).

Kelompok ikan dengan stresor beaker menempati nilai tertinggi untuk preferensi area bawah. Rata-rata ikan zebra menghabiskan waktu dibagian bawah selama 50,79 detik/menit. Pada kelompok ikan yang diberi perlakuan stresor beaker mengalami peningkatan preferensi yang sangat tinggi pada area bawah dibandingkan memilih menghabiskan waktu di area atas. Ikan zebra pada kelompok stressor beaker lebih banyak diam di daerah bawah dengan memunculkan gerakan tidak menentu dan tidak melakukan eksplorasi ke seluruh bagian tangki yang menyebabkan tingginya total waktu yang dihabiskan ikan di area bawah tangki. Hal

ini sesuai dengan pernyataan dari Egan dkk., (2009) bahwa perilaku tidak menentu dan penurunan eksplorasi yang signifikan mewakili profil perilaku dalam keadaan stres dan kecemasan yang tinggi.

Kelompok ikan dengan stresor suhu menghabiskan waktu dibagian bawah akuarium rata-rata adalah 44,96 detik/menit. Pada kelompok stresor suhu, ikan terdokumentasi memunculkan perilaku imobilitas yang lebih sering dibandingkan perilaku eksplorasi. Pada awal berada di tangki pengujian, ikan berenang kedalaman hingga berada ke dasar tangki, lalu terjadi perilaku imobilitas, sehingga waktu yang dihabiskan di area atas semakin rendah. Perilaku imobilitas menjadi salah satu parameter ikan berada dalam kondisi cemas akibat stres. Menurut Barcellos dkk.,(2007) latensi yang lebih lama untuk masuk ke bagian atas, berkurangnya waktu yang dihabiskan di area atas dan peningkatan gerakan tidak menentu serta pembekuan menunjukkan kecemasan yang meningkat.

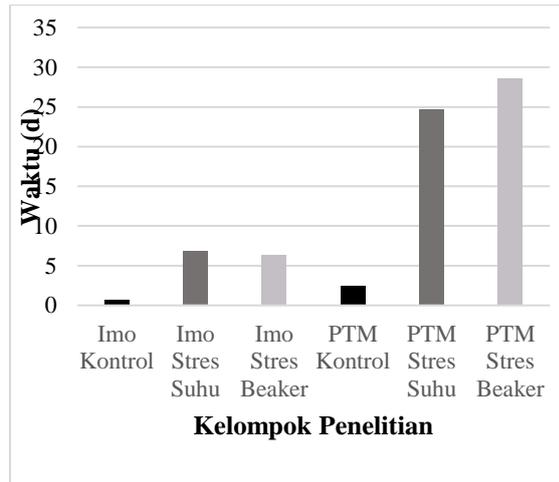
Dari hasil yang didapatkan, terlihat bahwa ikan zebra secara alami memiliki preferensi untuk tetap tinggal dibagian bawah akuarium dibandingkan bagian atas akuarium. Ikan yang diberikan stresor, baik itu stressor suhu dan stressor beaker mengalami peningkatan preferensi ke area bagian bawah akuarium dibandingkan dengan kelompok ikan kontrol, hal ini karena ikan diduga berada dalam kondisi cemas.

C. Imobilitas dan Perilaku tidak menentu antara Pada Open Field Test

Secara konseptual, uji ini mirip dengan *open field test* pada rodensia. Rata-rata imobilitas dan perilaku tidak menentu dilihat didalam *open field test*, ikan dibiarkan berenang secara bebas selama 30 menit, kemudian diamati munculnya gerakan tidak menentu ataupun imobilitas yang menjadi parameter perilaku dibawah kondisi stres suatu ikan. Menurut John Godwin dkk., (2012) uji lapangan terbuka adalah langkah yang baik untuk menguji perilaku terkait kecemasan dan telah berhasil digunakan dalam berbagai spesies.

Gambar 3. menggambarkan imobilitas dan perilaku yang tidak menentu pada hewan zebra fish yang dipaparkan stressor. Dari 15 ikan dengan total 5 menit yang dikodekan rata-rata imobilitas pada stresor suhu adalah 6,8 detik, diikuti oleh kelompok ikan dengan stresor beaker adalah 6,2 detik. Kelompok ikan kontrol

memiliki nilai waktu imobilitas yang paling rendah, yaitu 0,7 detik. Hal ini menunjukkan ikan pada kelompok kontrol berenang dengan normal dan tidak memunculkan perilaku imobilitas yang tinggi, karena ikan berada dalam kondisi yang normal. Perilaku imobilitas merupakan perilaku diam pada ikan zebra, diam berarti tidak berpindah tempat. Imobilitas merupakan suatu ciri dari perilaku yang muncul dalam ikan yang berada dalam kondisi stres.



Gambar 3. Rata-rata perilaku imobilitas dan perilaku tidak menentu antara kelompok kontrol dan kelompok stresor. Terdapat perbedaan rata-rata waktu total munculnya perilaku imobilitas dan perilaku tidak menentu antara kelompok kontrol dengan masing-masing kelompok stres ($p < 0,05$). (Imo = Imobilitas; PTM = Perilaku Tidak Menentu)

Hasil rata-rata waktu yang ditunjukkan ikan dalam perilaku yang tidak menentu dapat dilihat pada Gambar 3. Kelompok ikan dengan stresor beaker menunjukkan perilaku yang tidak menentu paling lama, yaitu 28,6 detik. Menurut Bai dkk., (2016), kelompok ikan yang diberikan stres berupa isolasi dari kelompoknya tidak menunjukkan penurunan kecepatan dalam bergerak.

Kelompok kontrol menunjukkan perilaku tidak menentu yang paling rendah yaitu 2,4 detik per ikan, hal ini menunjukkan bahwa ikan dalam kelompok kontrol sesuai dengan kondisi seharusnya dimana ikan berenang dengan normal tanpa adanya kecepatan lebih yang terlihat, ikan juga tidak memunculkan perilaku seperti dalam kondisi yang stres. Hal ini sejalan dengan penelitian yang sudah dilakukan dimana kelompok kontrol dengan suhu 28°C menunjukkan gerak renang yang normal dan tidak menunjukkan perilaku yang pasif maupun cepat (Aliza, Dwinna dan Sipahutar, 2013).

Pada kelompok ikan dengan stresor suhu memiliki nilai yang lebih rendah yaitu 24,72 detik per ikan dalam pengamatan yang telah dilakukan. Pada kelompok stresor suhu, ikan-ikan menunjukkan perilaku tidak menentu diantaranya berenang dengan kecepatan tinggi dan menabrakan dirinya ke dinding akuarium. Beberapa ikan juga menunjukkan perilaku renang dengan kecepatan yang lemah dan berpindah dengan sangat lamban dari satu tempat ke tempat lainnya.

Ikan zebra yang telah dipaparkan stres dimungkinkan mengalami perubahan dalam dirinya karena efek stres berupa kondisi yang tidak normal sehingga menimbulkan adanya perilaku tidak menentu dan perilaku imobilitas seperti data yang didapatkan pada Gambar 3 sebagai indikasi perilaku stres. Menurut J. Cachat dkk., (2010) adanya gerakan tidak menentu dan pembekuan menandakan tingkat kecemasan yang lebih tinggi. Perubahan dalam perilaku atas paparan stresor bisa jadi karena perubahan baik dalam keadaan emosional internal yang erat kaitannya dengan kecemasan (Bai dkk., 2016). Peningkatan perilaku imobilitas mungkin memberikan ukuran tambahan untuk keadaan seperti kecemasan.

D. Perilaku dan Preferensi ikan zebra sebagai respon stres yang dimediasi kortisol

Ikan zebra merupakan salah satu hewan poikilotermik. Mekanisme homeostatis pada ikan zebra sangat dipengaruhi oleh lingkungannya. Ketika ikan zebra ditempatkan pada suatu lingkungan diluar batas toleransinya, maka akan mempengaruhi aktivitas ikan dan bahkan ikan akan mengalami stres. Perilaku stress akan terekpresikan ditambah ketika suhu berfluktuasi sangat cepat tanpa adanya aklimatisasi terlebih dahulu.

Stres yang terjadi pada ikan zebra akibat paparan stres suhu direspon dengan perilaku yang ditunjukkan ikan. Stres yang terjadi pada ikan merupakan suatu rangsangan keseimbangan tingkah laku ikan terhadap lingkungan, stres ini bisa diakibatkan perubahan suhu lingkungan secara mendadak (Deniro, Sadarun B, 2017).

Perilaku stress yang muncul dapat dikaitkan dengan kadar kortisol sebagai tingkat stres fisiologis yang konsisten (Parker dkk., 2012). Hal ini dapat tergambarkan melalui ikan yang terkena paparan stressor mendadak berenang dengan kecepatan yang tinggi dan berulang-ulang, dan juga lebih memilih untuk tinggal dekat dengan bawah tangki. Pada kondisi tersebut diduga ikan

zebra memiliki kadar kortisol yang lebih tinggi. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari hasil pengamatan berupa preferensi ikan zebra pada kelompok stresor suhu yang memiliki preferensi area bagian bawah lebih tinggi dibandingkan area atas, maka kortisol berperan dalam perilaku stres sebagai respon yang ditunjukkan oleh ikan. Didukung oleh penelitian yang dilakukan Barcellos dkk., (2007) yaitu ikan zebra, seperti manusia, menggunakan kortisol (bukan kortikosteron, seperti halnya hewan pengerat) sebagai hormon respons stres utama, sehingga mereka menjadi model hewan berguna yang relevan terkait fisiologi stres.

Ikan zebra termasuk salah satu ikan *teleost* (Vasta, Ahmed, Du, & Henrikson, 2004). Kortisol adalah kortikosteroid utama pada ikan teleost, disekresikan dan dilepaskan oleh sel-sel inter-renal kepala ginjal selama aktivasi aksis hipotalamus-hipofisis-interrenal (HPI) (Kalamarz-Kubiak, 2017). Hipotalamus-Pituitary-Interrenal (HPI) merupakan sumbu stres di ikan zebra (Alsop & Vijayan, 2008). Menurut (Piato dkk., 2011), sumbu stres ikan zebra ini serupa dengan sumbu hipotalamus-hipofisis-adrenal (HPA) yang ada pada mamalia, aksi dari HPI ikan zebra adalah mengendalikan kadar kortisol yang bersikulasi.

Hasil data perilaku dan juga preferensi area yang ditunjukkan oleh ikan zebra diperoleh melalui ikan zebra yang diuji secara individual dengan pelacakan video. Metode ini digunakan untuk membedakan setiap kelompok pengamatan serta hewan per individu melalui observasi manual, analisis perilaku diamati dan dicatat. Perilaku yang dilihat dalam tangki akuarium untuk menguji kecemasan dan keberanian merupakan ukuran stres yang dapat dilihat langsung pada ikan zebra sampai saat ini (Clark dkk., 2011).

IV. KESIMPULAN

Stressor suhu dan stressor beaker yang diberikan pada ikan zebra mempengaruhi preferensi area pada ikan zebra. Preferensi pada area terang lebih tinggi dibandingkan preferensi pada area gelap, preferensi pada area bawah akuarium lebih tinggi dibandingkan pada area bawah, dan perilaku berupa imobilitas dan gerakan tidak menentu dihadirkan oleh ikan zebra sebagai indikasi respon stres. Perilaku dan preferensi area terpengaruh oleh paparan stresor suhu. Preferensi area dan perilaku yang terkait stres diduga dikaitkan dengan produksi kortisol, yaitu hormon terkait respon stres pada ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsop, D., & Vijayan, M. M. (2008). Development of the corticosteroid stress axis and receptor expression in zebrafish. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 294(3), 711–719.
- Aliza, Dwinna, W., & Sipahutar, L. W. (2013). Efek Peningkatan Suhu Air Terhadap Perubahan Perilaku, Patologi Anatomi, Dan Histopatologi Insang Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*). *Jurnal Medika Veterinaria*, 7(2), 142–145.
- Angiulli, E., Pagliara, V., Cioni, C., Frabetti, F., Pizzetti, F., Alleva, E., & Toni, M. (2020). Increase in environmental temperature affects exploratory behaviour, anxiety and social preference in *Danio rerio*. *Scientific Reports*, 10(1), 1–12.
- Bai, Y., Liu, H., Huang, B., Wagle, M., & Guo, S. (2016). Identification of environmental stressors and validation of light preference as a measure of anxiety in larval zebrafish. *BMC Neuroscience*, 17(1), 1–12.
- Barcellos, L. J. G., Ritter, F., Kreutz, L. C., Quevedo, R. M., da Silva, L. B., Bedin, A. C., ... Cericato, L. (2007). Whole-body cortisol increases after direct and visual contact with a predator in zebrafish, *Danio rerio*. *Aquaculture*, 272(1–4), 774–778.
- Belzung, C., & Griebel, G. (2001). Measuring normal and pathological anxiety-like behaviour in mice: A review. *Behavioural Brain Research*, 125(1–2), 141–149.
- Blaser, R. E., Chadwick, L., & McGinnis, G. C. (2010). Behavioral measures of anxiety in zebrafish (*Danio rerio*). *Behavioural Brain Research*, 208(1), 56–62.
- Brezeale, C. E. (2013). *Assessing Behavior Change Related to Acute Stress Exposure in the Zebrafish*. The University of Southern Mississippi. Retrieved from http://aquila.usm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1123&context=honors_theses
- Burka, J.F., Briand, H.A., And Wartman, C. A. (1998). Effects of temperature change on stress parameters in Atlantic salmon (*Salmo salar* smolt). *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, 98(2), 32–34.
- Cachat, J., Stewart, A., Grossman, L., Gaikwad, S., Kadri, F., Chung, K. M., ... Kalueff, A. V. (2010). Measuring behavioral and endocrine responses to novelty stress in adult zebrafish. *Nature Protocols*, 5(11), 1786–1799.
- Champagne, D. L., Hoefnagels, C. C. M., de

- Kloet, R. E., & Richardson, M. K. (2010). Translating rodent behavioral repertoire to zebrafish (*Danio rerio*): Relevance for stress research. *Behavioural Brain Research*, 214(2), 332–342.
- Clark, K. J., Boczek, N. J., & Ekker, S. C. (2011). Stressing zebrafish for behavioral genetics. *Reviews in the Neurosciences*, 22(1), 49–62.
- Deniro, Sadarun B, Y. (2017). PENGARUH KENAIKAN SUHU AIR LAUT TERHADAP TINGKAH LAKU IKAN KARANG (*Amblyglyphidodon curacao*) PADA WADAH TERKONTROL The effect of increasing sea water treatment to the behavior of Staghorn Sergeant (*Amblyglyphidodon curacao*) in control containers. *Sapa Laut*, 2(3), 61–67.
- Egan, R. J., Bergner, C. L., Hart, P. C., Cachat, J. M., Canavello, P. R., Elegante, M. F., ... Kalueff, A. V. (2009). Understanding behavioral and physiological phenotypes of stress and anxiety in zebrafish. *Behavioural Brain Research*, 205(1), 38–44.
- El-Sherif, M. S., & El-Feky, A. M. I. (2009). Performance of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. I. Effect of pH. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(3), 297–300.
- Fadly, W. A., Cahyanto, T., & Haryono. (2018). PREFERENSI HABITAT DAN MAKANAN IKAN BREK (*Barbonymus balleroides*) PADA WADAH PEMELIHARAAN. In *Seminar Nasional Ikan ke-10 dan Kongres Masyarakat Iktiologi Indonesia ke-5* (pp. 841–852). Bogor: Masyarakat Iktiologi Indonesia. Retrieved from <http://iktiologi-indonesia.org/>
- Irianto, A. (2005). *Patologi Ikan Teleostei*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- John Godwin, Susanna Sawyer, F. P., & Sarah E. Oxendine, and Z. D. K. (2012). Adapting the Open Field Test to Assess Anxiety-Related Behavior in Zebrafish. *Chemosphere*, 66, 312–324.
- Kalamarz-Kubiak, H. (2017). Cortisol in Correlation to Other Indicators of Fish Welfare. In *Intech* (pp. 155–183).
- Kubulay, A., Ulukoy, G. (2002). The Effects of Acute Stress on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Zoology*, 26(2), 249–254.
- Levin, E. D., Bencan, Z., & Cerutti, D. T. (2007). Anxiolytic effects of nicotine in zebrafish. *Physiology and Behavior*, 90(1), 54–58.
- Maximino, C., de Brito, T. M., da Silva Batista, A. W., Herculano, A. M., Morato, S., & Gouveia, A. (2010). Measuring anxiety in zebrafish: A critical review. *Behavioural Brain Research*, 214(2), 157–171.
- Maximino, C., Marques De Brito, T., De Mattos Dias, C. A. G., Gouveia, A., & Morato, S. (2010). Scototaxis as anxiety-like behavior in fish. *Nature Protocols*, 5(2), 221–228.
- Parker, M. O., Millington, M. E., Combe, F. J., & Brennan, C. H. (2012). Housing conditions differentially affect physiological and behavioural stress responses of zebrafish, as well as the response to anxiolytics. *PLoS ONE*, 7(4).
- Piato, A. L., Capiotti, K. M., Tamborski, A. R., Oses, J. P., Barcellos, L. J. G., Bogo, M. R., ... Bonan, C. D. (2011). Unpredictable chronic stress model in zebrafish (*Danio rerio*): Behavioral and physiological responses. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 35(2), 561–567.
- Purnama, R. (2003). Penyelesaian Stres Melalui Coping Spiritual. *Jurnal Studi Lintas Agama*, 12(1), 70–83.
- Serra, E. L., Medalha, C. C., & Mattioli, R. (1999). Natural preference of zebrafish (*Danio rerio*) for a dark environment. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 32(12), 1551–1553.
- Suhara. (2010). *Ilmu Kelakuan Hewan (Animal Behaviour)*. Bandung: FMIPA UPI.
- Vasta, G. R., Ahmed, H., Du, S. J., & Henrikson, D. (2004). Galectins in teleost fish: Zebrafish (*Danio rerio*) as a model species to address their biological roles in development and innate immunity. *Glycoconjugate Journal*, 21(8–9), 503–521.
- Wendelaar, E., Introduction, I., Axis, C., Neuroendocrine, B., Stress, V., Hydromineral, A., ... Reproductive, B. (1997). The Stress Response in Fish. *Physiological Reviews*, 77(3), 591–625.