

ANALISIS HUBUNGAN KUALITAS AIR DAN KADAR GLUKOSA DARAH *Gambusia affinis* DI PERAIRAN SUNGAI BRANTAS

Asus Maizar Suryanto Hertika^{a,*}, Diana Arfiati^a, Evellin Dewi Lusiana^a, Renanda Baghaz
Dzulhamdani Surya Putra^a

^a Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jalan Veteran, Malang, Indonesia

*Koresponden penulis (Alamat email) : asusmaizar@ub.ac.id

Abstrak

Ikan merupakan salah satu biota perairan yang digunakan sebagai bioindikator karena sangat peka terhadap perubahan lingkungan perairan. Kondisi perairan yang tidak mendukung dapat menyebabkan stress pada ikan yang salah satunya ditandai oleh perubahan kadar glukosa darah ikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan kualitas perairan Sungai Brantas dengan kadar gula darah ikan gambusia (*Gambusia affinis*). Penelitian dilaksanakan pada sepuluh lokasi sampling di sepanjang aliran Sungai Brantas meliputi DAS Brantas wilayah Batu, Malang, Kediri (2 lokasi), Jombang, Blitar, Tulungagung (2 lokasi), Surabaya dan Mojokerto. Masing-masing lokasi (stasiun) terdiri dari 3 sub stasiun. Parameter yang diukur sebanyak enam parameter kualitas air (in-situ dan ex-situ) dan mengambil sampel Ikan Gambusia untuk diukur kadar gula darahnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar gula darah tertinggi dan melampaui batas normal ditemukan pada sampel Ikan Gambusia yang ditangkap di wilayah Mojokerto. Kondisi ini berkaitan erat dengan rendahnya kadar DO dan tingginya konsentrasi BOD, ammonia, dan fenol di lokasi tersebut.

Kata kunci: Biomarker, glukosa darah ikan, pencemaran sungai

Abstract

Fish is one of the aquatic biota that is used as a bioindicator because of its sensitivity to changes in the aquatic environment. Unfavorable water conditions can cause stress in the fish which is characterized by changes in fish blood glucose levels. The purpose of this study was to analyze the relationship between the water quality of the Brantas River and the blood glucose of gambusia fish (*Gambusia affinis*). The study was conducted at ten sampling locations along the Brantas River by measuring six water quality parameters (in-situ and ex-situ) and taking samples of gambusia fish to measure blood glucose levels. The results showed that the highest blood glucose levels and beyond the normal limit were found in samples of gambusia fish caught in the Mojokerto region. This condition is significantly related to the low levels of DO and high concentrations of BOD, ammonia, and phenol in the location.

Keywords: biomarker; fish blood glucose; river pollution

PENDAHULUAN

Perubahan kualitas lingkungan dapat berpengaruh terhadap kehidupan organisme di perairan [1]. Ikan merupakan salah satu biota perairan yang digunakan sebagai bioindikator karena sangat peka terhadap perubahan lingkungan perairan [2]. Kondisi perairan yang tidak sesuai dapat menyebabkan kondisi fisiologi organisme menjadi tidak normal atau stres. Stres pada ikan umumnya berkaitan dengan terjadinya perubahan lingkungan secara alami baik itu kimia, fisika maupun biologi. Ikan dalam kondisi stres akan mengalami respon primer dan respon sekunder. Respon primer yaitu adanya perubahan pada *Central Nervous System* (CNS) dan pelepasan

hormon stres yaitu kortisol dan katekolamin (*adrenaline* dan *epinephrine*) melalui sistem endokrin ke aliran darah. Di sisi lain, respon sekunder yakni pelepasan hormon stres yang akan menyebabkan perubahan dalam darah dan perubahan jaringan kimia yaitu meningkatnya kadar gula darah pada ikan [3]. Oleh karena itu, salah satu indikator untuk mengetahui suatu organisme berada dalam keadaan stres atau tidak yaitu dengan mengetahui kadar gula darah [4], [5].

Darah pada ikan adalah salah satu komponen yang dapat merespon perubahan pada kondisi lingkungan. Hal tersebut dikarenakan ikan memiliki kemampuan dalam bioakumulasi dan biomagnifikasi pencemar pada tubuhnya [6]. Perubahan performa gula

darah dimulai dari stressor yang diterima oleh organ reseptor kemudian informasi tersebut disampaikan ke otak bagian hipotalamus melalui sistem saraf. Selanjutnya, sel kromafin menerima perintah melalui serabut saraf simpatik untuk mensekresikan hormon katekolamin. Hormon ini akan mengaktifasi enzim-enzim yang terlibat dalam katabolisme simpanan glikogen hati dan otot serta menekan sekresi hormon insulin, sehingga gula darah mengalami peningkatan. Stres juga berpengaruh pada jalur metabolisme yang menyerang sistem imunitas ikan, sehingga ikan yang mudah stres rentan terhadap penyakit [7].

Sungai Brantas yang terletak di Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu perairan yang rentan terhadap berbagai pencemaran akibat aktivitas manusia yang cukup masif di sekitarnya [8], [9]. Sungai ini memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang cukup tinggi, salah satunya adalah Ikan Gambusia (*Gambusia affinis*) [10]. Jenis ikan ini cukup sering digunakan dalam aktivitas

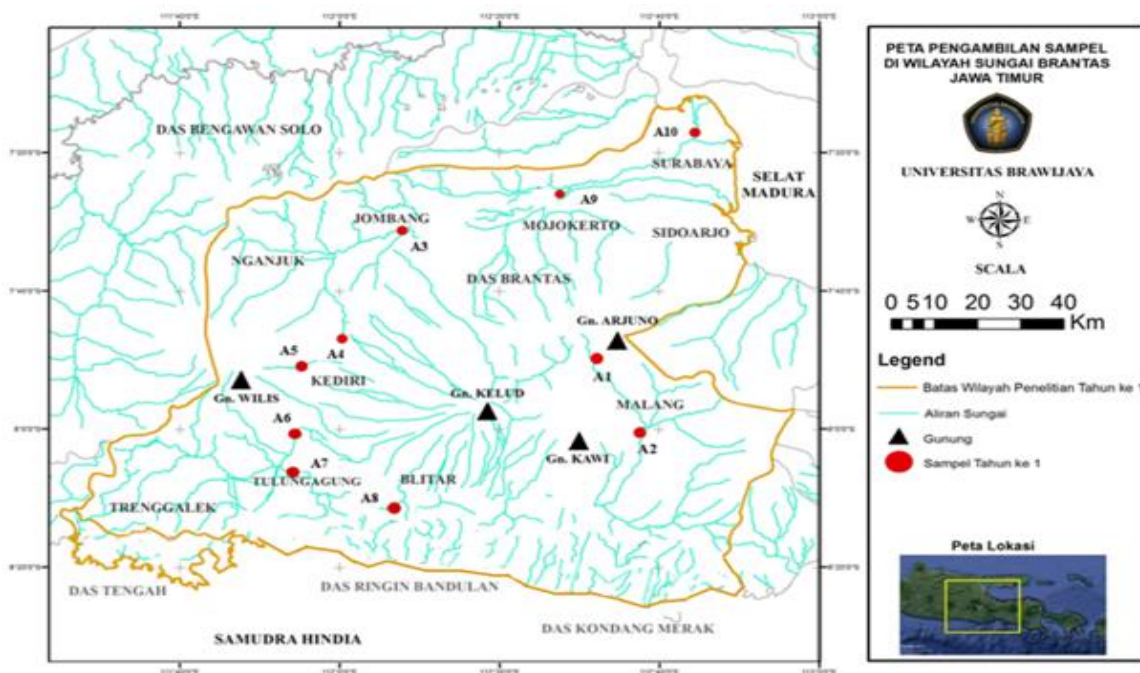
biomonitoring pada beberapa studi terdahulu [11] karena memiliki karakteristik seperti bersifat toleran, adaptif, tersedia dalam jumlah yang cukup banyak di sepanjang aliran Sungai Brantas, dan mudah ditangkap [10].

Berdasarkan uraian-uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas perairan Sungai Brantas dalam kaitannya dengan kadar gula darah Ikan Gambusia. Hal ini penting untuk memantau dampak perubahan lingkungan di Sungai Brantas terhadap kondisi fisiologis biota yang ada di dalamnya.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sungai Brantas dengan sepuluh lokasi pengambilan sampel yang dipilih berdasarkan karakteristik geomorfologi DAS Sungai Brantas (Gambar 1). Setiap lokasi pengambilan sampel dibagi menjadi tiga sub-stasiun.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Sungai Brantas

Metode Pengukuran Kualitas Air

Ada beberapa pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini. Pertama, pengukuran

parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, oksigen terlarut atau dissolved oxygen (DO), biological oxygen demand (BOD), ammonia (NH_3), dan fenol. Metode dan instrument yang

digunakan untuk pengukuran kualitas air ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode dan instrument untuk pengukuran kualitas air

Parameter	Metode/Instrumen
Suhu (°C)	Lutron PDO-520
pH	pH meter
Oksigen terlarut (DO) (mg/L)	Lutron PDO-520
Biological Oxygen Demand (BOD) (mg/L)	Metode Winkler
Ammonia (NH ₃) (mg/L)	Spectrophotometer
Fenol (mg/L)	Metode 4-Amino antipyrine

Pengambilan Sampel dan Pengukuran Gula Darah Ikan Gambusia

Pengambilan sampel Ikan Gambusia dilakukan dengan alat bantu seser. Jumlah ikan yang diambil pada setiap stasiun sampel sebanyak 9 ekor. Ukuran ikan yang diambil berkisar antara 3.5 sampai 5 cm. Selanjutnya, pengambilan gula darah ikan dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: ikan diletakkan ke dalam kantong plastik, lalu diberi 3 tetes minyak cengkeh agar ikan tidak stres [12]. Kemudian, diambil 1 ekor ikan dan dipotong bagian ekor ikan. Pengujian menggunakan alat digital Easy Touch GCU Model ET-301 dilakukan dengan memasukkan kode nomor glukosa / gula darah yang sesuai dengan kode tertera pada botol strip glukosa. Selanjutnya, strip glukosa dimasukkan pada alat Easy Touch GCU Model ET-301 hingga muncul gambar darah. Setelah alat di setting, darah yang keluar dari vena caudal ditempelkan pada strip Easy Touch GCU Model ET-301. Menunggu selama 10 detik dan hasil pengukuran gula darah akan muncul.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan beberapa analisis statistika yaitu one-way ANOVA, uji

Tukey, dan analisis korelasi Pearson [13]. Prosedur analisis data dilakukan dengan dukungan software R versi 3.6.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Kualitas Air

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran parameter kualitas air di lokasi penelitian. Terlihat bahwa suhu air di semua lokasi pengambilan sampel berada dalam kisaran normal (sekitar 30°C), kecuali Batu. Selanjutnya, nilai pH dan DO juga berada pada tingkat normal yaitu masing-masing 6.5-8.5 dan >6,0 mg/l. Di sisi lain, kadar BOD, ammonia, dan fenol semuanya berada di atas nilai standar yang ditetapkan oleh Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia. [14]. Parameter-parameter tersebut sangat tinggi dan berada di atas ambang normal di lokasi Mojokerto dan Surabaya.

Kenaikan nilai BOD disertai dengan penurunan DO, sehingga dapat mengganggu biota. Kondisi ini adalah hasil dari aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi limbah atau zat eksternal di dalam air [15]. Semakin besar kadar BOD maka semakin tercemar sungai tersebut [16]. Jika konsentrasi ammonia cukup tinggi, maka dapat meresap ke dalam jaringan tubuh ikan, dan berpotensi menyebabkan kerusakan [17]. Selain itu, fenol berasal dari limbah yang dihasilkan oleh banyak sektor industri, termasuk batu bara, farmasi, pembuatan resin, cat, tekstil, kulit, dan penyulingan minyak [18]. Pada organisme yang terpapar fenol melalui inhalasi, reaksi yang ditimbulkan meliputi kerusakan hati, gagal ginjal, kerusakan saraf, masalah perkembangan, gejala kulit, dan bahkan kematian.[19]. Keberadaan fenol yang melebihi ambang batas pada air dapat menjadi stresor kimia bagi organisme akuatik [20].

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Air di Sungai Brantas

Lokasi Sampling	Suhu (°C)		pH		DO (mg/l)		BOD (mg/l)		Ammonia (mg/l)		Fenol (mg/l)	
Batu	23.52	± 0.34	7.48	± 0.08	7.91	± 0.25	8.17	± 0.90	0.45	± 0.07	0.65	± 0.05
Malang	27.10	± 1.01	7.38	± 0.10	6.46	± 0.27	10.34	± 0.60	0.61	± 0.04	0.77	± 0.04
Jombang	29.37	± 1.10	7.29	± 0.07	6.38	± 0.05	11.94	± 0.74	0.66	± 0.04	0.71	± 0.06
Kediri1	28.44	± 0.59	6.87	± 0.15	6.59	± 0.22	12.41	± 0.96	0.73	± 0.03	0.80	± 0.04
Kediri 2	30.22	± 0.13	7.42	± 0.10	7.46	± 0.07	13.33	± 0.09	0.78	± 0.04	0.77	± 0.05
Tulungagung 1	30.16	± 0.34	7.49	± 0.05	7.32	± 0.07	13.96	± 0.32	0.79	± 0.03	0.76	± 0.04
Tulungagung 2	27.87	± 0.15	7.26	± 0.16	6.50	± 0.34	14.22	± 0.32	0.68	± 0.07	0.72	± 0.07
Blitar	28.19	± 0.31	7.42	± 0.13	7.10	± 0.29	14.23	± 0.13	0.49	± 0.03	0.70	± 0.04
Mojokerto	29.08	± 0.74	7.17	± 0.10	6.12	± 0.28	18.40	± 0.85	1.11	± 0.20	1.14	± 0.24
Surabaya	29.73	± 0.29	6.98	± 0.12	6.68	± 0.41	14.77	± 0.27	0.66	± 0.05	0.77	± 0.04
Baku Mutu*	deviasi 3		6.5 – 8.5		> 6		< 14		< 0.5		<0.001	

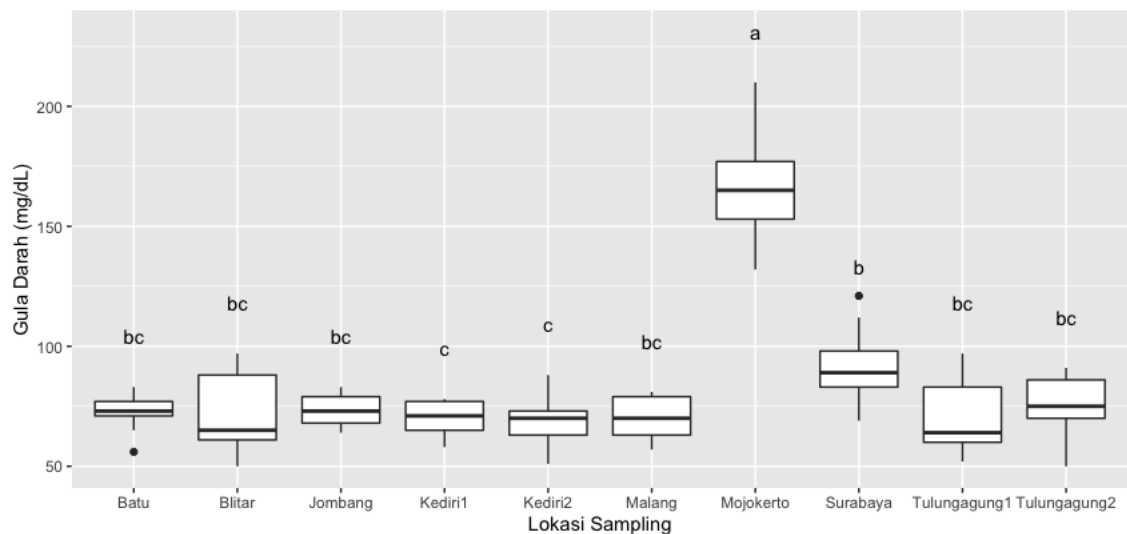
Kadar Gula Darah Ikan Gambusia

Pengukuran gula darah pada sampel Ikan Gambusia sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 2 berada dalam kisaran 50-220 mg/dL. Nilai gula darah tertinggi diperoleh dari sampel yang diambil di Mojokerto yang mencapai lebih dari 200 mg/dL. Berdasarkan hasil pengujian ANOVA dan uji Tukey, kadar gula darah Ikan Gambusia di wilayah ini berbeda signifikan dibandingkan lokasi pengambilan sampel lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan notasi huruf pada Mojokerto yang tidak ditemukan di lokasi lain. Adapun lokasi sampling lainnya memiliki karakteristik gula darah pada Ikan Gambusia yang relatif sama yakni kurang dari atau sekitar 100 mg/dL, serta secara umum tidak berbeda signifikan karena mengandung notasi huruf yang sama.

Gula darah merupakan sumber energi utama dan elemen penting untuk mendukung metabolisme sel ikan, terutama sel otak. Umumnya, kadar gula darah ikan yang dianggap normal berkisar antara 40-90 mg/dl [21]. Berdasarkan hasil ini, maka pengukuran gula darah sampel Ikan Gambusia yang diambil di Mojokerto tergolong melebihi batas normal. Jika keadaan gula darah ikan tidak normal, maka akan mengganggu kehidupan

ikan dan bahkan dapat menyebabkan kematian [22]. Kadar gula darah yang tinggi merangsang kelenjar tiroid dan meningkatkan produksi tiroksin. Tingginya tiroksin dapat memicu limfositopenia (limfosit rendah) dalam darah. Kemudian sistem saraf simpatis bereaksi berlebihan, yang menyebabkan kontraksi getah bening, meningkatkan laju pernapasan dan tekanan darah [23].

Stres pada ikan didefinisikan sebagai sejumlah respon fisiologis yang terjadi pada saat ikan berusaha mempertahankan homeostatis. Bila ikan mengalami stres, ikan menanggapi dengan mengembangkan suatu kondisi homeostatis yang baru dengan mengubah metabolismenya. Stres dapat meningkatkan kadar gula darah. Secara fisik, stres dapat dilihat dari tingkah laku ikan, seperti gerakan menjadi kurang agresif, turunnya nafsu makan ikan, dan warna tubuh ikan menjadi gelap [24]. Perubahan gula darah ikan juga dapat menjadi indikasi stress pada ikan yang diakibatkan oleh faktor eksternal lingkungan perairan seperti adanya pencemaran limbah domestik dan industri [25]. Perubahan kondisi lingkungan akan menyebabkan tingginya permintaan akan suplai gula darah [26].

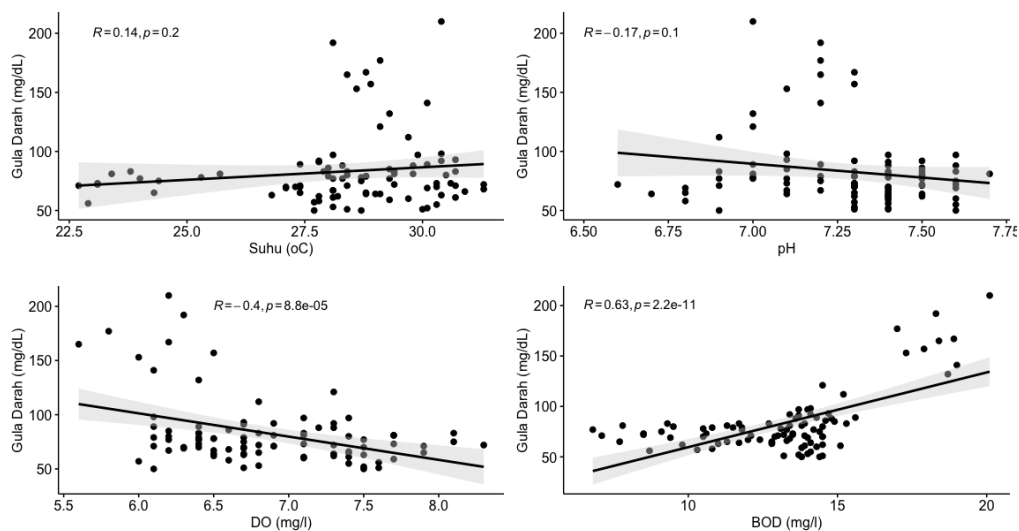


Gambar 2. Kadar gula darah Ikan Gambusia yang ditangkap di Sungai Brantas

Hubungan Kualitas Air dan Kadar Gula Darah Ikan Gambusia

Gambar 3 berikut memperlihatkan hubungan antara hasil pengukuran parameter-parameter kualitas air dengan kadar gula darah Ikan Gambusia di Sungai Brantas. Tampak bahwa suhu memiliki hubungan positif namun tidak signifikan ($p > 0.05$) dengan kadar gula darah Ikan Gambusia. Di sisi lain, pH menunjukkan hubungan negatif terhadap gula darah ikan dan tidak signifikan ($p > 0.05$).

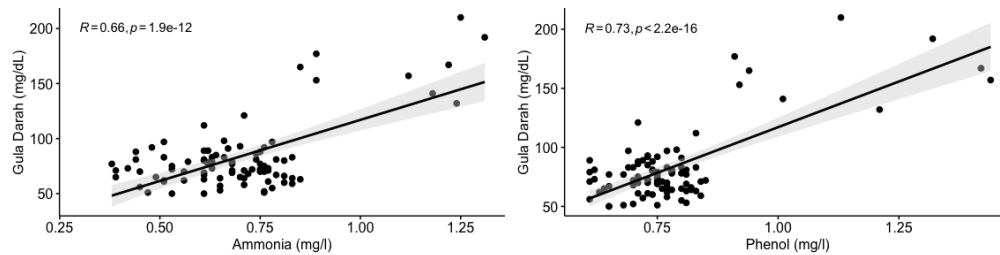
Perubahan suhu dapat mengakibatkan peningkatan kadar gula darah atau hiperglisemia [7]. Kondisi ini mengikuti mekanisme pemecahan glikogen hati dan otot melalui jalur glikogenolisis sebagai efek efek metabolisme katekolamin, pemecahan protein dan lipid melalui jalur glukoneogenesis sebagai efek metabolisme kortisol, dan inaktivasi insulin sebagai efek metabolisme hormon stres sehingga menutup penggunaan glukosa oleh sel [27].



Article history:

Diterima / Received 14 September 2021
Disetujui / Accepted 26 October 2021
Diterbitkan / Published 31 October 2021

©2021 at <http://jfm.ub.ac.id>



Gambar 3. Hubungan antara parameter kualitas air dan kadar gula darah Ikan Gambusia yang ditangkap di Sungai Brantas

Parameter kualitas air lain yang diukur dalam penelitian yaitu DO, BOD, ammonia dan fenol memperlihatkan hubungan yang signifikan terhadap gula darah ($p < 0.05$). Kecuali DO, parameter-parameter tersebut berhubungan positif dengan kadar gula darah Ikan Gambusia yang ditangkap di Sungai Brantas. Oksigen berperan dalam proses metabolisme sehingga menghasilkan energi yang dapat digunakan dalam proses pertumbuhan ikan [28]. Rendahnya konsentrasi DO akan berpengaruh pada laju metabolisme pada tubuh ikan, sebab energi yang didapatkan dari hasil metabolisme akan lebih banyak dialokasikan untuk mempertahankan keadaan homeostasi aktif terhadap lingkungan yang kurang mendukung sehingga energi yang digunakan untuk pertumbuhan tidak maksimal [29]. Di sisi lain, karena kenaikan nilai BOD berkaitan dengan penurunan DO, maka tingginya BOD sebagai indikasi perairan tercemar ditunjukkan oleh kadar gula darah yang tinggi [30].

Ammonia merupakan senyawa nitrogen dalam air yang bersifat toksik [31]. Paparan ammonia terhadap organisme akuatik menyebabkan penurunan laju pertumbuhan, erosi dan degenerasi jaringan, penurunan imunitas, dan mortalitas sebagai akibat meningkatnya kadar ammonia dalam darah dan jaringan [32]. Selain itu, keberadaan senyawa fenol dalam perairan bahkan dalam konsentrasi yang rendah dapat mengakibatkan stres metabolik, merusak fungsi *branchial* dan cenderung menyebabkan kerusakan jaringan pada ikan [33]. Liver ikan yang terpapar fenol menunjukkan gejala histopatologi yang tinggi seperti inflamasi, nekrosis sentral dan degenerasi sel. Hasil ini menunjukkan bahwa

fenol memiliki efek buruk terhadap kesehatan ikan [34].

KESIMPULAN

Kadar gula darah merupakan salah satu indikator stress pada ikan yang dapat digunakan untuk menilai tingkat perubahan lingkungan perairan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kadar gula darah tertinggi dan melebihi batas normal ditemukan pada sampel Ikan Gambusia yang ditangkap di Mojokerto. Kondisi ini berkaitan erat dengan rendahnya kadar DO dan tingginya konsentrasi BOD, ammonia, dan fenol di lokasi tersebut. Dengan demikian, kadar gula darah Ikan Gambusia dapat digunakan untuk menilai kondisi perairan Sungai Brantas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Th 2021. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yazwar, "Keanekaragaman plankton dan keterkaitannya dengan kualitas air di Parpat Danau Toba," Universitas Sumatra Utara, Medan, 2008.
- [2] R. M. Sitompul, T. A. Barus, and S. Ilyas, "Ikan Batak (*Neolissochillus sumatranus*) Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) di Perairan Sungai Asahan Sumatera Utara," *J. Biosains*

- Unimed*, vol. 1, no. 2, pp. 67–76, 2013.
- [3] J. F. Carragher and C. M. Rees, “Primary and secondary stress responses in golden perch, *Macquaria ambigua*,” *Comp. Biochem. Physiol. Part A Physiol.*, vol. 107, no. 1, pp. 49–56, 1994, doi: [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(94\)90272-0](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)90272-0).
- [4] D. F. Lestari and S. Syukriah, “Manajemen Stres pada Ikan untuk Akuakultur Berkelanjutan,” *JAMI J. Ahli Muda Indones.*, vol. 1, no. 1 SE-Articles, pp. 96–105, Jun. 2020, doi: [10.46510/jami.v1i1.23](https://doi.org/10.46510/jami.v1i1.23).
- [5] J. Aerts, J. R. Metz, B. Ampe, A. Decostere, G. Flik, and S. De Saeger, “Scales Tell a Story on the Stress History of Fish,” *PLoS One*, vol. 10, no. 4, p. e0123411, Apr. 2015, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123411>.
- [6] A. E. Poste, D. C. G. Muir, S. J. Guildford, and R. E. Hecky, “Bioaccumulation and biomagnification of mercury in African lakes: The importance of trophic status,” *Sci. Total Environ.*, vol. 506–507, pp. 126–136, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.094>.
- [7] S. Hastuti, E. Supriyono, I. Mokoginta, and Subandiyono, “Respon glukosa darah ikan gurami (*Osphronemus gouramy*, Lac.) terhadap stres perubahan suhu lingkungan,” *J. Akuakultur Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 73–77, 2003.
- [8] A. Hayati et al., “Water quality and fish diversity in the Brantas River, East Java, Indonesia,” *Berk. Penelit. Hayati*, vol. 22, no. 2 SE-Articles, May 2017, [Online]. Available: <http://berkalahayati.org/index.php/jurnal/article/view/100>.
- [9] D. Roosmini, M. A. Septiono, N. E. Putri, H. M. Shabrina, I. R. S. Salami, and H. D. Ariesyady, “River water pollution condition in upper part of Brantas River and Bengawan Solo River,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 106, no. 1, 2018, doi: [10.1088/1755-1315/106/1/012059](https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012059).
- [10] N. R. Buwono, Y. Risjani, and A. Soegianto, “The concentration of microplastic in water and fish (*Gambusia affinis*) collected from Brantas River,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2353, no. 1, p. 30048, May 2021, doi: [10.1063/5.0052947](https://doi.org/10.1063/5.0052947).
- [11] G.-Y. Huang et al., “Multi-biomarker responses as indication of contaminant effects in *Gambusia affinis* from impacted rivers by municipal effluents,” *Sci. Total Environ.*, vol. 563–564, pp. 273–281, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.127>.
- [12] M. Mikhsalmina, Z. A. Muchlisin, and I. Dewiyanti, “Pengaruh Pemberian Minyak Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) Sebagai Bahan Anaestesi dengan Konsentrasi yang Berbeda pada Proses Transportasi Benih Ikan Bandeng (*Chanos chanos*),” *J. Ilm. Mhs. Kelaut. Perikan. Unsyiah*, vol. 2, no. 2, pp. 295–301, 2017, [Online]. Available: <http://jim.unsyiah.ac.id/fkp/article/view/4869>.
- [13] E. Lusiana and M. Mahmudi, *ANOVA untuk Penelitian Eksperimen: Teori dan Praktik dengan R*. Malang: UB Press, 2021.
- [14] Ministry of Environment, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air,” Indonesia, 2001.
- [15] S. Susilowati, J. Sutrisno, M. Masykuri, and M. Maridi, “Dynamics and factors that affects DO-BOD concentrations of Madiun River,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2049, no. 1, p. 20052, Dec. 2018, doi: [10.1063/1.5082457](https://doi.org/10.1063/1.5082457).
- [16] N. Rizki et al., “Distribution of DO (Dissolved Oxygen) and BOD (Biological Oxygen Demand) in the Waters of Karimunjawa National Park using Two-Dimensional Model Approach,” *IOP Conf. Ser. Earth*

- Environ. Sci.*, vol. 750, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/750/1/012014.
- [17] Y. K. Ip and S. F. Chew, "Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish: a review," *Front. Physiol.*, vol. 1, p. 134, Oct. 2010, doi: 10.3389/fphys.2010.00134.
- [18] D. M. Naguib and N. M. Badawy, "Phenol removal from wastewater using waste products," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 8, no. 1, p. 103592, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103592>.
- [19] N. C. Saha, F. Bhunia, and A. Kaviraj, "Toxicity of Phenol to Fish and Aquatic Ecosystems," *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 63, no. 2, pp. 195–202, 1999, doi: 10.1007/s001289900966.
- [20] M. Capolupo, L. Sørensen, K. D. R. Jayasena, A. M. Booth, and E. Fabbri, "Chemical composition and ecotoxicity of plastic and car tire rubber leachates to aquatic organisms," *Water Res.*, vol. 169, p. 115270, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115270>.
- [21] D. A. Shabrina, S. Hastuti, and Subandiyono, "Pengaruh Probiotik Dalam Pakan Terhadap Performa Darah, Kelulushidupan, Dan Pertumbuhan Ikan Tawes (*Puntius javanicus*)," *J. Sains Akuakultur Trop.*, vol. 2, no. 2, pp. 26–35, 2018.
- [22] Nasichah, Z. Widjanarko, Putut, Kurniawan, A. Arfiati, and Diana, "Analisis Kadar Glukosa Darah Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotos*) Dari Bendung Rolak Songo Hilir Sungai Brantas," *Pros. Semin. Nas. Kelaut.*, no. 2006, pp. 328–333, 2016.
- [23] G. Nilsson, "The physiology of fishes, fourth edition, edited by D. H. Evans, J. B. Claiborne and S. Currie," *Mar. Biol. Res.*, vol. 12, no. 4, p. 454, Apr. 2016, doi: 10.1080/17451000.2016.1169299.
- [24] M. M. Mazeaud and F. Mazeaud, "Adrenergic responses to stress in fish," 1981, pp. 49–75.
- [25] J. R. Wright Jr, A. Bonen, J. Michael Conlon, and B. Pohajdak, "Glucose Homeostasis in the Teleost Fish Tilapia: Insights from Brockmann Body Xenotransplantation Studies," *Am. Zool.*, vol. 40, no. 2, pp. 234–245, Apr. 2000, doi: 10.1093/icb/40.2.234.
- [26] D. P. Renitasari, A. Kurniawan, and A. Kurniaji, "Blood glucose of tilapia fish *oreochromis mossambica* as a water bioindicator in the downstream of brantas waters, east java," *AACL Bioflux*, vol. 14, no. 4, pp. 2040–2049, 2021.
- [27] S. E. Wendelaar, "The stress response in fish," *Physiol. Rev.*, vol. 77, no. 3, pp. 591–625, Jul. 1997, doi: 10.1152/physrev.1997.77.3.591.
- [28] R. Djauhari, Matling, S. S. Monalisa, and E. Sianturi, "Respon glukosa darah ikan betok (*Anabas testudineus*) Terhadap Stres Padat Tebar," *J. Ilmu Hewani Trop.*, vol. 8, no. 2, pp. 43–49, 2019.
- [29] A. N. Putra, "Laju Metabolisme pada Ikan Nila Berdasarkan Pengukuran Tingkat Konsumsi Oksigen," *J. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 5, no. 1, pp. 13–18, 2015.
- [30] M. A. A. Zaki et al., "The impact of stocking density and dietary carbon sources on the growth, oxidative status and stress markers of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared under biofloc conditions," *Aquac. Reports*, vol. 16, p. 100282, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100282>.
- [31] J. P.-L. Ruyet, H. Chartois, and L. Quemener, "Comparative acute ammonia toxicity in marine fish and plasma ammonia response," *Aquaculture*, vol. 136, no. 1, pp. 181–194, 1995, doi: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01026-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01026-2).
- [32] G. Lemarié, A. Dosdat, D. Covès, G. Dutto, E. Gasset, and J. Person-Le Ruyet, "Effect of chronic ammonia exposure on growth of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles," *Aquaculture*, vol. 229, no. 1, pp. 479–491, 2004, doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.05.001.

- [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00392-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00392-2).
- [33] R. Varadarajan, H. Sanker, J. Jose, and B. Philip, "Sublethal effects of phenolic compounds on biochemical, histological and ionoregulatory parameters in a tropical," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 4, no. 3, pp. 1–12, 2014.
- [34] N.-A. Abdel-Hameid, "Physiological and Histopathological Alterations Induced by Phenol Exposure in *Oreochromis aureus* Juveniles," *Turkish J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 131–138, 2007.