

# Pengaruh Pencemaran Air Terhadap Gerakan Operkulum Ikan Nila

<sup>1</sup>Rina Rahayu, <sup>2</sup>Riva Ismawati  
<sup>1,2</sup>Pendidikan IPA, Universitas Tidar, Indonesia  
email korespondensi: rinarahayu@untidar.ac.id

## ARTICLE INFO

### Article History:

Diterima : 06-01-2025  
Disetujui : 04-03-2025

### Keywords:

Gerakan Operkulum; Ikan Nila; Pencemaran Air



## ABSTRACT

**Abstract:** Water is very important for fish biota and fish need to get water quality that is maintained clean without any toxic substances in it. Water pollution due to toxic substances inhibits metabolic processes in fish. The purpose of the research is to determine the effect of water pollution on the operculum movement of tilapia. The research method used was an experiment using 3 fish in each treatment. The results showed that clean water and river water had levels in accordance with Indonesian national standards. Sewer water and tofu waste water do not comply with Indonesian national standards for fish survival. Toxic substances contained in sewer water and tofu waste water cause fish operculum movement very quickly and fish experience death. Tilapia in clean water and river water did not experience death and operculum movement was normal. This research can be used as an illustration that water pollution will damage aquatic biota and cause death.

**Abstrak:** Air sangat berperan penting untuk biota ikan dan ikan perlu mendapatkan kualitas air yang kualitas airnya terjaga bersih tanpa adanya zat toksik di dalamnya. Pencemaran air akibat zat toksik menghambat proses metabolisme pada ikan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh pencemaran air terhadap gerakan operkulum ikan nila. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan 3 ikan dalam setiap perlakuannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air bersih dan air sungai mempunyai kadar sesuai dengan standar nasional Indonesia. Air selokan dan air limbah tahu tidak sesuai dengan standar nasional Indonesia untuk kelangsungan hidup ikan. Zat toksik yang terdapat dalam air selokan dan air limbah tahu menyebabkan gerakan operkulum ikan sangat cepat dan ikan mengalami kematian. Ikan nila yang berada di air bersih dan air sungai tidak mengalami kematian dan gerakan operkulum berjalan secara normal. Penelitian ini bisa dijadikan sebagai gambaran bahwa pencemaran air akan merusak biota air dan menyebabkan kematian



<https://doi.org/10.31764/justek.vXIY.ZZZ>



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

## A. LATAR BELAKANG

Air sangat berperan penting bagi kehidupan ikan. Ikan bisa bertahan hidup di air yang tidak mengandung zat-zat kimia berbahaya. Selama ikan bertahan hidup, ikan memiliki kemungkinan untuk bertahan hidup. Istilah "kelangsungan hidup" mengacu pada kemungkinan ikan untuk bertahan hidup dalam jangka waktu tertentu. Kondisi lingkungan dan ketersediaan makanan adalah dua faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup ikan. Lingkungan yang layak bagi kelangsungan hidup ikan adalah

lingkungan yang mendukung kehidupan ikan selama proses daur hidupnya (Yunita & Mufida, 2023).

Untuk bertahan hidup, ikan nila memerlukan air bersih dengan kandungan oksigen yang memadai untuk bernapas dan berkembang biak, serta suhu yang stabil untuk menghindari stres dari perubahan suhu. Hal ini sesuai dengan penelitian Adewolu et al. (2008) bahwa kelangsungan hidup ikan dapat dipengaruhi oleh kualitas air yang memuat kandungan oksigen terlarut, amonia, suhu, dan pH, umur ikan, pakan, lingkungan, dan kondisi kesehatan ikan. Menjaga kualitas air sangat penting agar ikan tetap sehat dan produktif. Di samping itu, dapat menghindari terjadinya stress, munculnya penyakit, hingga kematian ikan (Scabra et al., 2022).

Pencemaran air sangat berpengaruh pada kelangsungan hidup ikan. Zat kimia yang bersifat toksik dapat mengganggu kelangsungan hidup biota air hingga menyebabkan kematian (Octavia et al., 2021). Zat toksik dapat menghambat kelangsungan respirasi dan metabolisme ikan karena merusak sel (Rahayaan et al., 2020). Ikan yang hidup di air yang telah terkontaminasi zat-zat kimia akan memiliki perbedaan gerakan operkulum daripada ikan yang hidup di air yang kadar dan kualitasnya terjaga. Dalam hal ini, diperlukan untuk menjaga lingkungan agar ikan dan biota perairan lainnya bisa hidup dengan pertumbuhan yang optimal. Air limbah disarankan untuk tidak dibuang sembarangan ke perairan karena menyebabkan biota air mengalami kematian. Sumber pencemar baik yang ada di darat maupun di perairan berasal dari berbagai aktivitas manusia seperti aktivitas rumah tangga, industri, dan pertanian. Air dikatakan tercemar apabila terdapat gangguan terhadap kualitas air, kandungan berbagai zat sudah melebihi ambang batas dari standar baku mutu air bersih (Hasanah & Said, 2020).

Pencemaran limbah dalam air merupakan perubahan fisik air baik secara langsung maupun tidak langsung yang sifatnya berbahaya atau berpotensi menyebabkan penyakit atau gangguan bagi keberlangsungan kehidupan makhluk hidup. Perubahan langsung dan tidak langsung ini ditunjukkan dengan perubahan fisik, kimia, biologi atau radioaktif. Kualitas air termasuk salah satu faktor yang menentukan kesejahteraan manusia. Secara umum, penyebab pencemaran air berdasarkan sumbernya dapat dikategorikan sebagai sumber kontaminasi langsung dan tidak langsung (Rahmawati & Warsito, 2020).

Gusril (2010) menyebutkan hal yang dapat dilihat dari kualitas air yaitu: sifat air, kandungan makhluk hidup, zat energi atau komponen lain dalam air. Kualitas air dinyatakan dengan beberapa parameter yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan terlarut), parameter kimia (PH, oksigen terlarut, BOD, kadar logam), parameter biologi (keberadaan lankton, bakteri dan sebagainya). Kualitas air mencakup keadaan fisik, kimia dan biologi yang dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk kehidupan manusia, pertanian, industri, rekreasi dan pemanfaatan air lainnya ungkap (Asdak, 2004).

Ikan melakukan respirasi melalui insang untuk menunjang metabolisme (Kottelat et al., 1993). Ikan dalam proses metabolismenya membutuhkan oksigen dan membuang sisa metabolisme dalam sel berupa gas karbondioksida. Ikan melakukan suatu proses tersebut menggunakan adanya suatu insang. Dimana insang yang dimiliki oleh ikan bertulang sejati, tertutup oleh tutup insang yang disebut dengan suatu operkulum, sedangkan pada suatu ikan yang bertulang rawan maka ia tidak ditutupi oleh adanya operkulum.

Operkulum sendiri dapat berperan yakni sebagai penyaring air yang masuk melalui mulut. Pada fase inspirasi ikan, operkulum bergerak kesamping yang mengakibatkan bertambah besarnya rongga mulut. Setelah air masuk ke dalam mulut, celah mulut tertutup, insang dan operkulum kembali ke posisi semula (Erdiyansyah, 2017).

Kerusakan struktur insang diakibatkan oleh tingginya aktivitas operkulum yang memompa sejumlah besar air ke permukaan insang, yang disaring oleh filamen insang dan mengambil oksigen dalam darah melalui pelat insang. Fujaya (2008) berpendapat bahwa suhu air lebih tinggi dan kelarutan oksigen lebih rendah menyebabkan ikan bekerja lebih optimal untuk memompa air lebih cepat ke permukaan insang untuk respirasi. Reebbs (2009) menambahkan bahwa untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam darah, lamela mengalami proses lawan arus untuk menangkap oksigen dari air yang mengalir di atas permukaan lamela ke aliran darah.

Salah satu cara yang dapat dipertimbangkan untuk tidak mencemari air, yaitu dengan tidak membuang limbah rumah tangga atau limbah industri langsung ke sungai. Hal tersebut dapat menyebabkan ekosistem ikan terganggu karena zat toksik dapat menyebabkan terjadinya kematian pada ikan (Sahetapy & Borut, 2018). Kematian yang terjadi berawal dari bukaan operkulum yang kian cepat akibat keracunan. Ikan akan berusaha mempertahankan laju metabolisme dengan berosmoregulasi yang membutuhkan energi sangat besar, sehingga ikan akan kekurangan energi untuk melakukan metabolisme dan gerakan operkulum ikan melambat secara drastis (Mulyanti et al., 2018).

Ikan nila dapat dibudidayakan di sungai-sungai, akan tetapi adanya permasalahan yang terjadi yaitu kondisi sungai yang tercemar dapat berakibat pada kematian ikan-ikan. Hal ini seperti penelitian yang dilakukan oleh Syafriadiman (2016) menunjukkan bahwa limbah cair kelapa sawit sangat berpotensi membahayakan kehidupan ikan nila yang berpengaruh terhadap jumlah kematian benih ikan nila. Dalam penelitian tersebut juga disebutkan bahwa benih ikan nila dalam kondisi sub-lethal terlihat bergerak dengan tidak seimbang dan arah yang tidak beraturan, berputar-putar dan menabrak-nabrak dinding akuarium. Adapun kondisi morfologi tubuh ikan terlihat mulai rusak ditandai dengan bukaan mulut dan operkulum ikan bergerak cepat. Selain itu, berkurangnya respon ikan terhadap rangsangan.

Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa limbah dapat berpengaruh terhadap gerakan operkulum ikan. Akan tetapi, baru menyebutkan limbah cair kelapa sawit saja. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pencemaran air dari berbagai kondisi terhadap gerakan operkulum pada ikan.

## **B. METODE PENELITIAN**

Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah air selokan, air sungai, air bersih, dan air limbah tahu. Keempat air ini diujikan pH, DO, BOD, dan COD. Ikan nila yang digunakan dalam penelitian memiliki panjang sekitar 7-10 cm.

Pengambilan data dilakukan dengan mengamati dan menghitung gerakan operkulum pada ikan nila selama 30 menit dengan perlakuan yang sama namun di air yang berbeda. Adapun jenis air yang digunakan pada penelitian ini yaitu air selokan, air sungai, air

bersih, dan air limbah tahu. Setiap ikan dimasukkan ke dalam salah satu jenis air yang dibagi menjadi empat dan dilakukan selama 30 menit menggunakan stopwatch. Waktu pengamatan dibagi menjadi beberapa selang waktu yakni 5 menit, 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Selama 30 menit tersebut dilakukan pengamatan dan penghitungan gerakan operkulum ikan nila pada keempat jenis air. Setiap sampel air masing-masing menggunakan 3 ikan nila yang kemudian dihitung rata-rata dan simpangannya.

Data yang diperoleh melalui pengamatan dan penghitungan gerakan operkulum ikan nila kemudian dianalisis dengan analisis deskriptif. Analisis deskriptif yang digunakan yaitu dengan menjelaskan tabel hasil pengamatan gerakan operkulum ikan pada perlakuan jenis air yang berbeda.

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil

Hasil pengamatan perlakuan air limbah yang berbeda terhadap gerakan operkulum ikan nila tersaji dalam Tabel 1. Gerakan operkulum ikan dalam keadaan normal berkisar antara 120-130 kali/menit (Firdaus et al., 2018). Pada Tabel 1 terlihat bahwa jumlah gerakan operkulum ikan nila sangatlah berbeda diantara jenis air yang satu dan yang lainnya. Perubahan jumlah gerakan operkulum pada Tabel 1 dipengaruhi oleh zat toksik yang terkandung dalam keempat air, yaitu air selokan, air sungai, air bersih, dan air limbah tahu. Selain zat toksik juga dipengaruhi oleh salinitas yang apabila kadar salinitas tinggi maka kadar oksigen akan menurun dan menyebabkan ikan mengalami respirasi yang sangat cepat (Firdaus et al., 2018). Gerakan operkulum ikan pada air selokan dan air limbah tahu mengalami bukaan operkulum >130 kali/menit yang artinya ikan mengalami pergerakan tidak wajar atau cepat (Firdaus et al., 2018).

**Tabel 1.** Gerakan Operkulum Ikan Nila

| Perlakuan              | Gerakan Operkulum<br>(menit) |       |       |       | Rata-Rata |         |         |         | Simpangan |
|------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
|                        | 5                            | 10    | 20    | 30    | 5         | 10      | 20      | 30      |           |
| <b>Air Selokan</b>     |                              |       |       |       |           |         |         |         |           |
| Ikan 1                 | 627                          | 746   | 812   | -     |           |         |         |         |           |
| Ikan 2                 | 638                          | 754   | 820   | -     | 628,6     | 746,3   | 811,3   | -       | 92,6      |
| Ikan 3                 | 621                          | 739   | 802   | -     |           |         |         |         |           |
| <b>Air Sungai</b>      |                              |       |       |       |           |         |         |         |           |
| Ikan 1                 | 501                          | 1.021 | 2.648 | 3.906 |           |         |         |         |           |
| Ikan 2                 | 497                          | 1.018 | 2.644 | 3.900 | 497       | 1.018,3 | 2.644   | 3.900,6 | 1.554,51  |
| Ikan 3                 | 493                          | 1.016 | 2.640 | 3.896 |           |         |         |         |           |
| <b>Air Bersih</b>      |                              |       |       |       |           |         |         |         |           |
| Ikan 1                 | 530                          | 1.070 | 2.785 | 3.997 |           |         |         |         |           |
| Ikan 2                 | 547                          | 1.083 | 2.791 | 3.999 | 542       | 1.080,6 | 2.792,3 | 4.001   | 1.587,4   |
| Ikan 3                 | 549                          | 1.089 | 2.801 | 4.007 |           |         |         |         |           |
| <b>Air Limbah Tahu</b> |                              |       |       |       |           |         |         |         |           |
| Ikan 1                 | 604                          | 827   | 956   | -     |           |         |         |         |           |
| Ikan 2                 | 612                          | 835   | 967   | -     | 609,6     | 834,6   | 965     | -       | 180,1     |
| Ikan 3                 | 613                          | 842   | 972   | -     |           |         |         |         |           |

Hasil pengujian dari empat jenis air yaitu air selokan, air sungai, air bersih dan air limbah tahu terhadap besarnya nilai pH, BOD, COD dan DO tersaji dalam Tabel 2. Hasil pengujian ini dapat melihat perbandingan nilai dari masing-masing jenis air yang dilihat dari besar pH, BOD, COD dan DO.

**Tabel 2.** Gerakan Uji Laboratorium

| <b>Perlakuan</b> | <b>pH</b> | <b>BOD</b> | <b>COD</b> | <b>DO</b> |
|------------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Air Selokan      | 10,2      | 15,15      | 81,40      | 3,04      |
| Air Sungai       | 6,4       | <0,818     | <0,818     | 5,71      |
| Air Bersih       | 6,9       | <0,818     | <0,818     | 5,22      |
| Air Limbah Tahu  | 4,3       | 1.975,0    | 4.930,3    | 0,87      |

## 2. Pembahasan

Derajat keasaman (pH) air merupakan suatu ukuran keasaman air yang dapat mempengaruhi kehidupan tumbuhan dan hewan perairan sehingga dapat digunakan untuk menyatakan baik buruknya kondisi perairan sebagai lingkungan hidup (Odum, 1993). Derajat keasaman (pH) perairan dapat diukur menggunakan pH meter yang berkisar antara 0-14. Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) dan basa perairan. Pada Tabel. 2 dapat diketahui bahwa pH pada air bersih dan air sungai mendekati 7, air selokan memiliki pH yang sangat tinggi yakni 10,2 dan bersifat basa, sementara untuk air limbah tahu memiliki pH rendah dan bersifat asam yaitu 4,3. Nilai pH air dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah banyaknya limbah rumah tangga, limbah industri kimia, dan bahan bakar fosil ke dalam suatu perairan, sedangkan menurut Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) 06.6989.11-2004, tentang syarat standar maksimum pH air yang diperbolehkan adalah 6,5-8,5.

Nilai pH pada air selokan dan air limbah tahu tidak sesuai dengan persyaratan SNI 7550: 2009 untuk air bersih, yaitu sebesar 6,5 – 8,5. Hal tersebut berdampak pada terganggunya metabolisme ikan (Pramleonita et al., 2018). Nilai pH pada kedua jenis air tersebut akan sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup didalamnya. Derajat keasaman diduga sangat berpengaruh terhadap daya racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan bentuk zat didalam air. Tinggi atau rendahnya PH air dipengaruhi oleh senyawa/kandungan dalam air tersebut (Musli & Fretes, 2016). Hal ini sejalan dengan gerakan operkulum ikan nila yang diletakkan dalam kedua jenis air tersebut memiliki jumlah gerakan operkulum ikan yang tidak wajar.

Pengukuran BOD pada Tabel 2 terlihat bahwa air sungai dan air bersih nilainya <0,818, kemudian untuk air selokan sebesar 15,15, serta air limbah tahu yang sangat tinggi nilainya yaitu 1.975,0. BOD (Biological Oxygen Demand) merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Santoso, 2018). Sejalan dengan pendapat tersebut, Rahmawati & Warsito (2020) mengungkapkan bahwa BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh makrozoobentos aerobik di dalam air lingkungan untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada di dalam air lingkungan

tersebut. Nilai BOD dalam air tidak menunjukkan bahan organik yang terkandung didalamnya, namun mengakumulasi jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi kandungan oksigen di dalam air tersebut (Putra et al., 2019). Standar baku BOD air bersih yaitu 3 mg/L berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010, dan Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001 (Prastowo et al., 2017).

Nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, melainkan hanya mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendekomposisi bahan organik tersebut (Octavia et al., 2021). Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah semakin besar. Uji coba BOD merupakan salah satu dari uji coba yang penting untuk mengetahui kekuatan atau daya cemar air limbah, sampah industri, selokan dan air yang telah tercemar (Valentina & Sundari, 2013). Berdasarkan hasil tersuut dapat dikatakan bahwa air selokan dan air limbah memiliki kandungan oksigen terlarut yang rendah. Selain daripada itu, kedua jenis air tersebut juga memiliki zat pengotor yang tinggi sehingga berdampak pada gerakan operkulum ikan nila yang tidak normal.

DO atau oksigen terlarut sebagai suatu faktor yang sangat penting di dalam suatu ekosistem air, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi bagi sebagian besar organisme air Barus (2002). Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk pernafasan biota air tergantung ukuran, suhu, dan tingkat aktifitas dan batas minimumnya adalah 3 ppm atau 3 mg/L. Kandungan oksigen di dalam air bersih yang dianggap optimal bagi biota air adalah 4 – 10 ppm, tergantung dari jenisnya (Kordi & Tancung, 2007). Oksigen dalam air tidak boleh kurang dari 3 mg/L. Perairan yang terkena polutan seperti detergen, suplai oksigen dari udara menjadi sangat lambat sehingga oksigen di dalam air sedikit. DO sangat berpengaruh terhadap kehidupan ikan, terutama untuk pertumbuhan, memperbaiki jaringan dan reproduksi. DO dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35%) dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Kebutuhan DO minimum untuk ikan air tawar tropis  $\pm$  5 mg/l (80% saturasi), sedangkan untuk ikan laut tropis  $\pm$  5 mg/l (75% saturasi) (Yuliasuti, 2011).

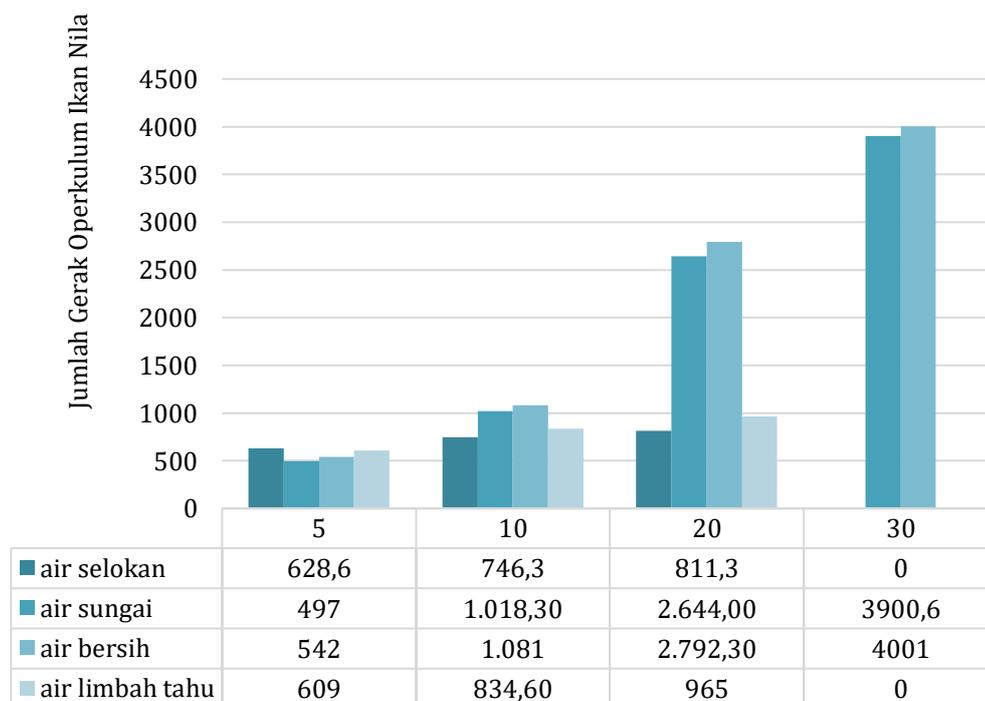
Hasil uji laboratorium menyatakan bahwa air selokan memiliki nilai DO sebesar 5,36, air limbah tahu memiliki DO sangat rendah yaitu 0,87, kemudian air bersih senilai 5,22, dan air sungai memiliki DO yang hampir sama dengan air bersih yakni 5,17. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa kandungan oksigen dalam air limbah tahu dan air selokan sangat rendah yang akan memicu terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Huri & Syafriadiman, 2010). Dampak terhadap lingkungan dan kesehatan yaitu semakin banyak bahan organik dalam air, maka semakin besar BOD nya sedangkan DO nya akan semakin rendah. Air yang bersih adalah jika tingka DO nya tinggi sedangkan BOD dan zat padat terlarutnya rendah. Apabila kadar oksigen terlarut kurang dapat mengakibatkan hewan - hewan yang menempati perairan tersebut akan mati dan perairan menjadi tercemar dampak bagi kesehatan (Salmin, 2005).

COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air, bila nilai COD telah cukup tinggi dan melebihi Baku

mutu, maka sudah dapat diduga ada indikasi pencemaran bahan organik. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalamnya (Ike, 2010). Nilai COD akan meningkat sejalan dengan meningkatnya nilai bahan organik di perairan. Tingginya nilai COD juga menunjukkan tebalnya lapisan bahan organik yang ada di perairan sehingga dapat menyebabkan rendahnya kadar oksigen terlarut di perairan yang dibutuhkan oleh organisme akuatik (Adji, 2018).

Berdasarkan hasil uji COD, diperoleh bahwa nilai COD pada air selokan dan limbah tahu sangat tinggi sedangkan nilai COD pada air bersih dan air sungai sangat rendah. Hal tersebut menyebabkan perbedaan gerakan operkulum dan kondisi insang setelah ikan berada di air selokan, air sungai, air bersih, dan air limbah tahu. Nilai COD dalam air limbah biasanya lebih tinggi daripada nilai BOD karena lebih banyak senyawa kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dibandingkan oksidasi biologi. Makin tinggi nilai COD makin banyak pula jumlah bahan organik yang menimbulkan penurunan kadar DO air (Adji, 2018). Standar COD air bersih yang sesuai dengan ketentuan maksimal adalah 25 mg/L berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010, dan Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001 (Prastowo et al., 2017). Berdasarkan baku mutu air konsentrasi <5 mg/L (pencemaran sangat ringan), 6-9 mg/L (pencemaran ringan), 10-15 mg/L (pencemaran sedang), COD 16 mg/L disebut pencemaran berat (Rusdi, 2021).

Gerakan operkulum ikan nila yang diujikan ke dalam air selokan, air sungai, air bersih, dan air limbah tahu dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1.** Perbandingan Gerakan Operkulum Ikan Nila di Berbagai Air

Hasil percobaan sebagaimana disajikan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa adanya zat tercemar yang masuk ke dalam air dapat mempengaruhi gerakan

operkulum ikan nila. Terjadinya pencemaran air pada perairan seperti pada selokan dapat membuat terakumulasinya zat pencemar pada tubuh ikan. Terlebih air selokan merupakan salah satu buangan dari kegiatan sehari-hari manusia yaitu MCK. Adanya limbah deterjen adalah hal yang sangat wajar terjadi. Berdasarkan hasil pengukuran pH, BOD, COD, dan DO pada air selokan menunjukkan hasil bahwa air selokan melebihi batas toleransi untuk keberlangsungan hidup ikan.

Pada penelitian ini tingkat gerakan operkulum ikan pada air selokan makin lama makin menurun hingga ikan mati. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 1 di atas. Apabila limbah tersebut masuk pada organisme air dapat menyebabkan kerusakan organ pada organisme seperti kerusakan insang dan hati (Darmono, 2001). Hal tersebut disebabkan pada limbah deterjen ini memiliki sifat yang toksik atau racun. Dengan demikian limbah deterjen yang memiliki zat toksik atau racun dapat berpengaruh pada ikan karena akan menyebabkan perubahan morfologi pada insang sehingga menyebabkan kematian dengan jangka panjang (Kusriani et al., 2012). Zat toksik tersebut dapat menyebabkan keracunan pada insang, hati, dan alat reproduksi ikan, juga disebabkan adanya busa-busa pada deterjen akan menutupi permukaan air yang menghambat sirkulasi oksigen dalam air sehingga dapat menurunkan kadar oksigen yang akan berpengaruh pada ikan yang seiring berjalannya waktu ikan akan mati. Deterjen adalah bahan pembersih yang tersusun dari komponen utama berupa surfaktan zat aktif. Deterjen berasal dari campuran beberapa bahan (biasanya berasal dari turunan minyak bumi). Deterjen merupakan suatu hasil sampingan dari proses penyulingan minyak bumi yang ditambahkan zat kimia sehingga deterjen sangat merusak dan mencemari lingkungan. Deterjen itu sendiri termasuk kedalam suatu produk yang memiliki kegunaan untuk menghilangkan kotoran ketika menyuci pakaian dengan kandungan tiga komponen yaitu surfaktan, builder, dan bahan aditif atau yang digunakan sebagai pemutih dan pewangi pakaian (Dwi & Dalimin, 2022).

Deterjen dengan jumlah tinggi akan mengganggu kehidupan biota diperairan, dapat merusak organ tubuh dan dapat menghambat masuknya oksigen dari udara kedalam perairan sehingga dampak yang paling buruk adalah kematian pada ikan, kematian yang terjadi dikarenakan berhentinya fungsi kerja organ-organ tubuh pada ikan akibat tidak terpenuhi oksigen pada proses respirasi atau kandungan deterjen yang toksik tidak bisa ditolerir oleh tubuh ikan (Maqfirah et al., 2015). Gambar 2 merupakan penampakan operkulum pada ikan nila yang di air selokan.



**Gambar 2.** Gambar Operkulum Ikan Nila di Air Selokan

Perlakuan ikan nila pada air selokan dilakukan sebanyak 3 kali percobaan sehingga mendapatkan 3 hasil gerakan operkulum. Ikan pertama mengalami kematian

pada menit ke-12 yang mana gerakan operkulum ikan dari menit ke menit makin cepat hingga ikan hilang kendali dan berangsur-angsur mengalami penurunan hingga ikan mengalami kematian. Hal sama juga dilalui oleh ikan kedua. Gerakan operkulum ikan kedua pada menit ke-5 mencapai 638 kali, kemudian menit ke-10 bergerak sebanyak 754 kali, hingga menit ke-13 ikan mati. Ikan ketiga mengalami gerakan operkulum yang sangat cepat pada menit-menit awal hingga menit ke-12. Hal tersebut terjadi karena adanya zat toksik yang masuk ke dalam tubuh ikan. Zat toksik tersebut tidak dapat diterima oleh tubuh ikan menyebabkan ikan mengalami gangguan metabolisme dan bergerak secara impulsif. Rata-rata gerakan operkulum ikan setiap menitnya >130 kali.

Air selokan dapat membuat gerakan operkulum membuka dengan cepat juga menurunkan tingkat kelangsungan hidup ikan dengan stres yang dihadapi ikan untuk beradaptasi dengan kadar zat toksik yang tinggi serta jumlah oksigen yang berkurang sehingga perlahan akan membuat ikan kelelahan, susah bernapas dan bergerak tidak beraturan (Fajar, 2021). Selain itu deterjen dalam badan air dapat merusak insang dan organ pernafasan ikan yang mengakibatkan toleransi ikan terhadap badan air yang kandungan oksigennya rendah menjadi menurun (Haryadi, 2004). Semakin tinggi konsentrasi deterjen bubuk dan semakin lama waktu pemaparan deterjen pada ikan mas akan menurunkan frekuensi bukaan operkulum. Hal ini berdampak pada ikan yang semakin sulit memperoleh oksigen sehingga bukaan operkulum ikan mas tersebut semakin cepat pada awal pemaparan dan berangsur-angsur menurun, sehingga dapat mengakibatkan kematian pada ikan karena kekurangan oksigen terlarut untuk proses respirasi.

Insang ikan nila pada air selokan mengalami kerusakan dan berwarna lebih gelap dibandingkan ikan normal. Insang ikan nila terdiri atas beberapa lembaran daging yang penuh pembuluh darah halus. Air melalui insang, oksigen di dalam air diserap masuk ke dalam darah, sedangkan zat asam arang yang ada di dalam darah diserap oleh air. Permukaan luar insang kaya akan sisi muatan negatif seperti fosfolipid (dua lapisan membran sel) dan glikoprotein dari lapisan lendir yang menutupi permukaan insang (Lacroix et al., 1993). Gerakan operkulum ikan setiap menitnya bertambah cepat hingga di menit ke-12 ikan mati. Zat pencemar salah satunya deterjen menyebabkan metabolisme terganggu dan tidak berjalan secara maksimal. Hal tersebut karena adanya busa yang menghambat difusi udara bebas ke dalam air sehingga oksigen berkurang dan ikan kesulitan bernapas (Dwi & Dalimin, 2022). Perairan yang terkena polutan seperti deterjen, suplai oksigen dari udara menjadi sangat lambat sehingga oksigen di dalam air sedikit. Gerakan operkulum juga meningkat yang ditandai dengan rusaknya inti sel dan jaringan sel hati yang mengecil (Arfiati et al., 2018; Dwi & Dalimin, 2022). Semakin tinggi kandungan deterjen pada suatu perairan maka akan semakin menurunkan angka kelangsungan hidup (Abdul, 2011).

Air sungai juga tidak terlepas dari buangan limbah dari kegiatan sehari-hari manusia. Akan tetapi, air sungai yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikatakan tidak banyak tercemar zat pencemar. Masyarakat di sekitar tidak membuang air

limbah rumah tangga ke sungai, selain itu lokasi sungai jauh dari industri sehingga tidak ada limbah industri yang terkandung dalam air sungai tersebut. Hal ini dapat dilihat berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa gerakan operkulum ikan nila terlihat stabil dan ikan juga bergerak aktif. Berdasarkan hasil pengukuran pH, BOD, COD, dan DO pada air sungai menunjukkan hasil bahwa air sungai memiliki batas toleransi untuk keberlangsungan hidup ikan. Hal tersebut membuat ikan nila pada penelitian ini bergerak aktif dan gerakan operkulum yang stabil.

Ketiga ikan dalam air sungai mengalami gerakan operkulum yang cenderung stabil tanpa adanya gerakan impulsif atau pergerakan bukaan operkulum yang cepat. Hal tersebut terjadi akibat tidak adanya kandungan berbahaya dalam air sungai sehingga ikan bisa hidup dalam kondisi air sungai dengan kandungan air yang demikian. Mulut ikan akan selalu membuka dan menutup dengan gerakan yang bergantian dengan membuka dan menutupnya operkulum karena di bawah operkulum terdapat organ pernafasan (insang) diantara kepala dan badan ikan. Membuka dan menutupnya operkulum menyebabkan oksigen dalam air bias tersaring dengan sempurna. Air yang membawa oksigen akan masuk ke dalam darah di insang dan diedarkan oleh darah ke seluruh tubuh ikan. Ikan akan terus menerus membuka dan menutup mulutnya untuk mendapat agar air bisa terus masuk. Oksigen dalam darah selanjutnya digunakan untuk untuk melakukan respirasi aerobik untuk melakukan metabolisme dalam tubuh ikan. Metabolisme ini menghasilkan energi untuk ikan (Syahidah et al., 2019). Kondisi gerakan operkulum ikan nila pertama bergerak dengan stabil dan kondisi seperti ikan normal pada umumnya dengan bukaan operkulum sekitar 120-130 kali setiap menit. Ikan kedua dan ketiga juga mengalami hal yang sama sehingga dapat dikatakan bahwa air sungai yang dijadikan sampel memiliki batas toleransi hidup ikan nila. Tingkah laku ikan terlihat normal, ketiga ikan tetap hidup di menit ke-30 dalam kondisi yang sangat baik dari insang hingga kulitnya.

Beralih pada air bersih, hasil pengukuran pH, BOD, COD, dan DO menunjukkan hasil bahwa air bersih memiliki batas toleransi yang baik untuk keberlangsungan hidup ikan. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 di atas bahwa gerakan operkulum ikan nila sangat stabil. Selain itu, ikan juga bergerak aktif hingga menit ke-30. Kualitas air bersih dapat dikatakan baik dan jauh dari zat pencemar sehingga kandungan oksigen dalam air sangat mencukupi keberlangsungan hidup ikan. Air bersih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI no. 416/Menkes/per/IX/1990 bahwa pH air yang bersih dianjurkan berkisar 6,5-8,5. Kemudian, DO berkisar antara 3,5 -5,1 mg/l. Data hasil uji laboratorium sesuai dengan standar.

Ikan nila yang berada di air bersih tidak terjadi perilaku yang menyimpang seperti ikan yang ada pada air selokan. Hal tersebut terjadi karena tidak adanya kandungan berbahaya dalam air bersih sehingga ikan bisa hidup dalam kondisi baik. Bukaan operkulum ikan pertama, ikan kedua, dan ikan ketiga rata-rata berkisar antara 120-130 kali setiap menitnya. Operkulum ikan nila merupakan kepingan tulang yang terletak di belakang kepala melindungi insang. Bukaan operkulum ikan nila dimaksudkan merupakan proses ikan menelan air dengan mulutnya dan menekannya melewati insang kemudian keluar melalui lubang di bawah operkulum (Huri &

Syafriadiman, 2010). Dengan demikian, simpangan gerakan operkulum ikan nila yang berada di dalam air bersih sangat besar nilainya, yaitu 1.587,4.

Berbeda dengan air bersih, hasil pengukuran pH, BOD, COD, dan DO pada air limbah tahu menunjukkan hasil bahwa air limbah tahu melebihi batas toleransi untuk keberlangsungan hidup ikan. Hal ini berdampak pada gerakan operkulum dan keaktifan ikan pada penelitian yang tertera pada Gambar 1. Berdasarkan data pada Gambar 1 menunjukkan memasuki menit ke-30 ikan mati karena gerakannya makin melambat dan tidak normal. Adanya zat pencemar pada air ini membuat kurangnya kandungan oksigen dalam air. Kebutuhan oksigen untuk ikan kurang dan zat pencemar tersebut dapat merusak organ ikan sehingga ikan mati. Ikan dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik air maupun terhadap adanya senyawa pencemar yang terlarut dalam batas konsentrasi tertentu. Keadaan operkulum ikan nila di air tahu seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Gambar Operkulum Ikan Nila di Air Limbah Tahu

Kondisi ikan di air limbah tahu setelah mati di menit ke-19 yaitu mulut mengelupas, beberapa tubuh membiru, dan insang pada ikan berwarna merah gelap. Paparan zat pencemar menyebabkan ikan mengalami gerakan yang tidak beraturan dan berusaha keluar dari wadah hingga beberapa kali. Operkulum ikan juga bergerak sangat cepat hingga kehilangan keseimbangan, hal ini terjadi akibat ikan mengalami cedera pada inti sel dan jaringan yang mengecil (Arfiati et al., 2018). Kondisi ini sama dengan ikan yang berada di air selokan. Sahetapy & Borut (2018) menyatakan bahwa zat toksik menyebabkan morfologi insang berubah drastis dan kematian.

Ikan yang keracunan secara umum mempunyai ciri-ciri warna tubuh pucat, banyak lapisan lendir dipermukaan tubuh dan insang dan insang berwarna coklat tua, operkulum membuka dan menutup secara cepat. Nafas ikan terengah-engah, terjadi rum jet ventilation yaitu gerak cepat dan tidak beraturan, ikan yang mati dalam kondisi mulut dan operkulum terbuka, sirip dada sirip perut kaku melengkung kearah anterior, sirip punggung mengembang warna tubuh pucat berlendir (Rahayaan et al., 2020). Cepatnya gerak buka-tutup operkulum sebanding dengan metabolisme ikan. Ketersediaan oksigen terlarut juga menjadi faktor pada gerak buka-tutup operkulum, pada perlakuan air limbah tahu terdapat DO sebesar 0,87. Hal tersebut membuat ikan mengambil oksigen di permukaan air (Ridwantara et al., 2019).

Peraturan Menteri Kesehatan RI no. 416/Menkes/per/IX/1990, baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha atau kegiatan. Disebutkan bahwa dalam rangka menjaga kualitas air dan menjamin

keberlanjutan pelestarian, perlindungan serta pengelolaan fungsi lingkungan hidup, semua industri dan kegiatan usaha lainnya yang menghasilkan air limbah wajib mentaati dan tidak boleh melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan (Octavia et al., 2021). Sehingga, adanya penelitian ini menjadi harapan bagi pelaku industri dan masyarakat untuk selalu menjaga lingkungan terutama air agar makhluk hidup di dalamnya tidak terkena dampak yang sangat berbahaya bahkan sampai mengalami kematian. Satu biota air mengalami kematian maka menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan ekosistem yang lambat laun akan berdampak pula pada manusia.

Tingkat pencemaran yang berbeda akan menghasilkan kondisi dan pergerakan dari ikan yang berbeda pula. Berdasarkan kondisinya ketika berada dalam lingkungan dengan tingkat pencemaran yang rendah, ikan yang hidup didalamnya memiliki kondisi lebih sehat yang mana dapat bernapas dengan baik dan teratur. Tetapi jika dibandingkan ketika berada dalam lingkungan dengan tingkat pencemaran yang tinggi, ikan yang hidup didalamnya memiliki kondisi yang kurang sehat bahkan mengakibatkan kematian pada ikan tersebut. Berdasarkan pergerakannya ketika berada dalam lingkungan dengan tingkat pencemaran yang rendah, ikan yang hidup didalamnya memiliki pergerakan yang sangat aktif. Tetapi jika dibandingkan ketika berada dalam lingkungan dengan tingkat pencemaran yang tinggi, ikan yang hidup didalamnya memiliki pergerakan yang sangat lemah ditandai dengan lambatnya pergerakannya kemudian membuat ikan hanya bergerak ditempat bahkan tidak bergerak sama sekali yang berarti mati.

#### **D. SIMPULAN DAN SARAN**

Tingkat pencemaran yang berbeda akan menghasilkan kondisi dan pergerakan dari ikan yang berbeda pula. Berdasarkan kondisinya ketika berada dalam lingkungan dengan tingkat pencemaran yang rendah, ikan yang hidup didalamnya memiliki kondisi lebih sehat yang mana dapat bernapas dengan baik dan teratur. Tetapi jika dibandingkan ketika berada dalam lingkungan dengan tingkat pencemaran yang tinggi, ikan yang hidup didalamnya memiliki kondisi yang kurang sehat bahkan mengakibatkan kematian pada ikan tersebut. Zat toksik yang terdapat dalam air selokan dan air limbah tahu menyebabkan gerakan operkulum ikan sangat cepat dan ikan mengalami kematian. Sedangkan, ikan nila yang berada di air bersih dan air sungai tidak mengalami kematian dan gerakan operkulum berjalan secara normal. Penelitian ini bisa dijadikan sebagai referensi bahwa pencemaran air akan merusak biota air dan menyebabkan kematian pada populasi ikan. Saran untuk peneliti selanjutnya yaitu melakukan penelitian dengan menggunakan air yang berasal dari berbagai sumber mata air dan menyelidiki faktor lain yang berpeluang untuk mempengaruhi penurunan populasi ikan di sumber air tertentu.

**REFERENSI**

- Abdul, M. (2011). *Uji Toksikitas deterjen Terhadap pertumbuhan dan kelulusamhidupan ikan bawal air Tawar*. Universitas Muhammadiyah pontianak, Pontianak.
- Adewolu M.A, C.A Adenji, A.B Adejobi. 2008. Feed utilization, growth and survival of *Clarias gariepinus* (Burchell 1882) fingerlings cultured under different photoperiods. *Aquaculture*, 283, 64–67.
- Adji, M. L. (2018). *Analisis gula darah ikan nila (Oreochromis niloticus) dari Sungai Jagir Kota Surabaya Jawa Timur*. Universitas Brawijaya.
- Arfiati, D., Zakiyah, U., Nabilah, I. S., Khoiriyah, N., Jayanti, A. S., & Kharismayanti, H. F. (2018). Perbandingan LC50-96 jam terhadap mortalitas benih ikan mas *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758 pada limbah penyamakan kulit dan insektisida piretroid. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(2), 103–114.
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press.
- Barus. (2002). *Pengantar Limnologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sumatera Utara*.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Indonesia University Press.
- Dwi, A., & Dalimin, L. (2022). Pengaruh pencemaran limbah detergen terhadap ekosistem perairan. *Indonesian Journal of Science*, 3(1), 24–36.
- Fajar, M. T. I. (2021). Pengaruh perubahan suhu terhadap tingkah laku ikan mas (*cyprinus carpio*). *CERMIN: JURNAL PENELITIAN*, 5(1), 183–193.
- Firdaus, M. W., Fitri, A. D. P., & Jayanto, B. B. (2018). Analisis adaptasi perubahan salinitas dan survival rate ikan koan. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 7(2), 19–28.
- Fujaya, Y. (2008). *Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. Rineka Cipta.
- Gusril, H. (2010). Studi kualitas air minum pdam di kota duri riau. *Jurnal Geografi*, 8(8), 190–196.
- Hasanah, P., & Said, I. (2020). Analisis Kualitas Air Tanah di Petobo. *Media Eksakta*, 16(1), 33–39.
- Huri, E., & Syafriadiman. (2010). Pengaruh konsentrasi  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$  (aluminium potassium sulfat) terhadap perubahan bukaan operkulum dan sel jaringan insang ikan nila merrah (*Oreochromis niloticus*). *Berkala Perikanan Terubuk*, 38(2), 64–79.
- Ike, P. (2010). *Perbedaan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Karanganyar*. UNS, Surakarta.
- Kordi, M. G. H., & Tancung, A. B. (2007). *Pengelolaan Kualitas Air dan Tanah dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta.
- Kottelat, M., Whitten, A. J., Kartikasari, S. N., & Wirjoatmodjo, S. (1993). *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi* (Periplus E).
- Kusriani, P., Wisjanarko, & Rohmawati, N. (2012). Uji Pengaruh Sublethal Pestisida Diazinon 60 EC terhadap Rasio Konveksi pakan (FCR) dan Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L). *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1(3), 36–42.
- Lacroix, L., Gilles, R. H., Peterson, C. S., Belfry, & Robichaud, D. J. (1993). Alluminium Dynamics on Gill of Atlantic Salmon Fry in the Presence of Citrate and Effects on Integrity of Gill the Presence of Citrate and Effects on Integrity of Gill Structures. *Aquatic Toxicology*, 27, 374–402.
- Maqfirah, Adhar, S., & Ezraneti, R. (2015). Efek surfaktan terhadap pertumbuhan kelangsungan hidup dan struktur jaringan insang benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Aquatic Sciences Journal*, 1–7.
- Mulyanti, Y., Boesono, H., & Sardiyatmo. (2018). Analisis survival rate tawes (*barbonymus gonionotus*) terhadap perbedaan salinitas sebagai alternatif umpan hidup pada penangkapan cakalang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 7(1), 11–19.
- Musli, V., & Fretes, R. de. (2016). Analisis Kesesuaian Parameter Kualitas Air Minum Dalam Kemasan Yang Dijual Di Kota Ambon Dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). *Arika*, 10(1), 57–74.
- Octavia, N. D., Alim, F. W., Wulandari, W. S., Rahmadhana, N., Fitrihidajati, H., Rachmadiarti, F., & Putri, I. L. E. (2021). Uji Toksikitas Ikan Lele (*Clarias sp*) Terhadap Linear Alkhalbenzene

- Sulfonate (LAS) Hasil Fitoremediasi Tumbuhan Hydrilla. *Prosiding SEMNAS BIO 2021 Universitas Negeri Padang*, 1226–1236.
- Odum, E. P. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi* (T. dan B. S. Penerjemahan Samingan (ed.)). Gajah Mada University Press.
- Pramleonita, M., Yuliani, N., Arizal, R., & Wardoyo, S. E. (2018). Parameter fisika dan kimia air kolam ikan nila hitam (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 8(1), 24–34.
- Prastowo, P., Destiarti, L., & Zaharah, T. A. (2017). Penggunaan kulit kerang darah sebagai koagulan air gambut. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(4), 4–7.
- Putra, A. Y., Ade, P., Yulis, R., & No, K. N. (2019). Kajian Kualitas Air Tanah Ditinjau dari Parameter pH, Nilai COD dan BOD pada Desa Teluk Nilap Kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau. *Jurnal Riset Kimia*, 10(1), 103–109. <https://doi.org/10.25077/jrk.v10i2.337>
- Rahayaan, F. A., Aris, M., & Malan, S. (2020). Uji lc50 (lethal concentration 50) ekstrak kasar akar tuba (*derris elliptica*) terhadap benih ikan nila (*oreochromis niloticus*). *Hemyscyllum*, 1(1), 48–57.
- Rahmawati, A., & Warsito. (2020). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk Menghasilkan Air Bersih di Perumahan Green Tombro Kota Malang. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 4(1), 1–8.
- Reebs, S. G. (2009). *Oxygen and Fish Behavior*. [www.Howfish Behave.ca/Pdf/Oxygen.Pdf](http://www.Howfish Behave.ca/Pdf/Oxygen.Pdf).
- Ridwantara, D., Buwono, I., Dwi Handaka, A. A., Lili, W., & Bangkit, I. (2019). Uji kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan mas mantap (*cyprinus carpio*) pada rentang suhu yang berbeda. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 10(1), 46–54.
- Rusdi, M. (2021). Variasi temperatur dan waktu destilasi terhadap sifat fisik, kimia, dan rendemen air laut menggunakan pemanas elektrik. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(2), 201–214.
- Sahetapy, J. M. F., & Borut, R. R. (2018). Pengaruh perbedaan konsentrasi terhadap frekuensi bukaan operkulum dan kelangsungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal TRITON*, 14(1), 35–40.
- Salmin. (2005). Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Jurnal Osena*, 17(3), 21–26.
- Santoso, A. D. (2018). Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batubara Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 89–96.
- Scabra, A. R., Afriadin., & Marzuki, M. (2022). Efektivitas Peningkatan Oksigen Terlarut Menggunakan Perangkat Microbubble Terhadap Produktifitas Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan*, 12(1): 13–21.
- Syafriadiman, S. (2016). Toksisitas Limbah Pabrik Minyak Kelapa Sawit Terhadap Benih Ikan Nila Merah (*Oreochromis sp.*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 21(1), 25–32.
- Syahidah, D., Mastuti, I., Mudeng, C. C., & Mahardika, K. (2019). Respon Tingkah Laku Ikan Cantang (*Ephinephelus fuscoguttatus-lanceolatus*) Terhadap Anesthesia. *Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIBA 2019*, 115–121.
- Valentina, A. E., & Sundari, S. (2013). Pemanfaatan arang enceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 84–89.
- Yunita, R., & Mufida, F.D. (2023). Ikan Tapah (*Wallago leerii*) Kalimantan. Sumedang: Mega Press Indonesia.
- Yuliasuti, E. (2011). *Kajian Kualitas Air Sungai Ngrinngo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air*. Universitas Diponegoro.