

## RESPON POTENSIAL MEMBRAN SEL TELUR IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) AKIBAT TERKONTAMINASI TIMBAL (Pb)

Fetronela Rambu Bobu

Program studi Teknologi Informasi / Universitas Timor, Kefamenanu, Indonesia

Corresponding author email: [fetronela@unimor.ac.id](mailto:fetronela@unimor.ac.id)

### Info Artikel

Diterima:

22 Juni 2022

Disetujui:

29 Juni 2022

Dipublikasikan:

30 Juni 2022

### Abstrak:

Sel telur ikan nila memberikan respon yang berbeda-beda ketika diberikan variasi konsentrasi bahan pencemar timbal (Pb). Penelitian ini menggunakan mikroelektroda yang dihubungkan ke *Picoscope* untuk mengukur nilai potensial membran sel telur ikan nila. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sel telur ikan nila yang tercemar Pb akan menyebabkan terjadinya perubahan potensial membran sel. Konsentrasi Pb yang diberikan terdiri dari enam variasi yaitu 0,02ppm ; 0,03ppm; 0,05ppm; 0,1 ppm ; 0,5ppm; dan 1ppm. Telur ikan nila yang terpapar Pb dengan konsentrasi tertinggi 1ppm menyebabkan sel mengalami penurunan potensial membran yang signifikan yaitu -7,77 mV. Pada titik ini, sel telur ikan nila mengalami penurunan potensial membran hingga mengalami kematian sel.

Kata kunci: Potensial membran, Pb, sel telur ikan nila

### Abstract :

*Tilapia egg cells gave different responses when given various concentrations of lead pollutant (Pb). The research used a microelectrode connected to a Picoscope to measured the membrane potential of tilapia eggs. The results showed that tilapia egg cells that have been contaminated by Pb would cause changes the cell membrane potential. There are six various concentrations of Pb: 0.02 ppm; 0.03ppm; 0.05ppm; 0.1 ppm ; 0.5ppm; and 1ppm. Tilapia eggs that have been contaminated by Pb with the highest concentration 1ppm caused a significant decrease cell membrane potential until cell death.*

*Keywords: Membrane potensial, Pb, Tilapia egg*

Copyright © 2022 Edufisika: Jurnal Pendidikan Fisika

### Pendahuluan

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang bersifat toksik. Menurut (Dwivedi, 2012), akumulasi logam berat dalam tubuh makhluk hidup menyebabkan terganggunya perkembangan dan pertumbuhan, cacat, keterbelakangan mental dan gangguan syaraf. Timbal berasal dari limbah hasil pembuangan industri percetakan, industri kimia, serta industri yang menghasilkan cat dan logam. Pembuangan limbah timbal hasil industri ke wilayah perairan dapat mempengaruhi organisme yang hidup di wilayah tersebut. Wilayah perairan yang terkena pencemaran timbal secara terus menerus menyebabkan terjadinya bioakumulasi pada biota perairan (Palar, 2004). Keberadaan timbal sebagai bahan pencemar dipengaruhi oleh sifat zatnya yang sukar terurai serta mudah terakumulasi dalam daerah sedimen laut maupun sungai (Maslukah, 2006).

Salah satu organisme yang terkena dampak akibat pencemaran timbal adalah ikan nila (Yacoub & Abdel-satar, 2021). Timbal yang terakumulasi dalam habitat ikan nila akan mempengaruhi proses perkembangbiakan hewan tersebut. Salah satunya adalah berdampak pada rendahnya hasil penetasan telur ikan nila. Telur ikan nila sensitif terhadap kualitas air yang tercemar pada batas tertentu. Oleh

karena itu, telur ikan nila dapat dijadikan bioindikator untuk mengetahui keberadaan polutan dalam air (Bobu et al., 2016). Berdasarkan penelitian (Juswono, 2000), polutan yang berada di sekitar sel dapat mempengaruhi proses kerja transport ion pada sel itu sendiri.

Penelitian terkait potensial membran sel telah dilakukan sebelumnya oleh (Handayani & Juswono, 2014) dengan menggunakan sel tumbuhan sebagai objek penelitian dan peralatan osiloskop sebagai alat akuisisi data. Melihat kondisi ini, maka peneliti merasa perlu untuk melakukan penelitian terkait potensial membran sel menggunakan sel hewan (telur ikan nila) dengan menggunakan mikroelektroda yang dihubungkan ke *Picoscope*. Dalam penggunaannya, dibandingkan dengan osiloskop, *Picoscope* mampu melakukan akuisisi data (DAQ) dengan kecepatan tinggi serta dilengkapi dengan pembangkit tegangan AC *Picoscope*. Telur ikan nila dijadikan objek penelitian karena ikan nila mempunyai kemampuan yang peka dalam mentoleransi lingkungan dan mudah dipelihara di laboratorium (Hani'ah et al., 2020).

Telur ikan nila yang tercemar timbal dapat mempengaruhi permeabilitas membran sel terhadap ion – ion. Perubahan permeabilitas membran sel dapat mengganggu sistem kerja transport ion melalui perubahan potensial membran sel (Juswono, 2000). Prinsip kerja potensial membran sel dapat dijadikan dasar dalam menganalisa tingkat pencemaran pada suatu organisme maupun lingkungan tempat hidup organisme. Penelitian yang dilakukan oleh (Ningsih, 2013) menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar bahan pencemar pada suatu organisme, maka semakin rendah nilai potensial membran selnya. Tulisan ini memaparkan respon potensial membran sel telur ikan nila yang tercemar timbal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan potensial membran sel telur ikan nila akibat pencemaran timbal.

## Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Lanjut, lantai 2 gedung FMIPA Universitas Brawijaya. Penelitian ini menggunakan set mikroelektroda yang dihubungkan ke *Picoscope 5000 series* (S5000 ). Besaran yang diukur berupa amplitudo yang nilainya diakuisisi oleh *picoscope* kemudian ditampilkan melalui layar PC. Nilai amplitudo dicatat pada setiap pemberian variasi konsentrasi pencemar timbal dengan lima kali pengulangan. Data yang diperoleh berupa beda potensial membran antara dalam dan luar sel telur ikan nila sebelum dan sesudah diberi variasi konsentrasi timbal.

Bahan pencemar yang digunakan dalam penelitian ini berupa larutan  $Pb(NO_3)_2$  (timbal nitrat), karena senyawa nitrat dapat larut di dalam air. Larutan  $Pb(NO_3)_2$  yang digunakan dibuat dalam enam variasi konsentrasi yaitu 0,02ppm ; 0,03ppm; 0,05ppm; 0,1 ppm ; 0,5ppm; dan 1ppm. Larutan pencemar  $Pb(NO_3)_2$  dibuat berdasarkan formula pengenceran sebagai berikut:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

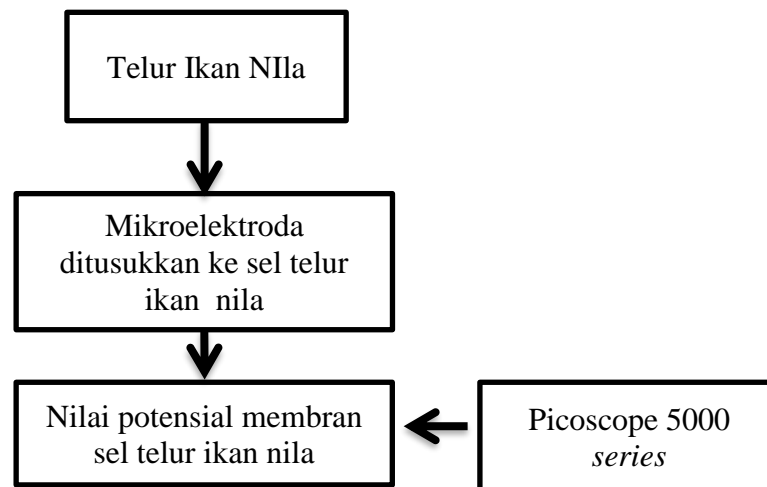
$M_1$  : massa Pb pada larutan pekat (mg)

$V_1$  : volume larutan pekat (mL)

$M_2$  : massa Pb untuk konsentrasi yang diinginkan (mg)

$V_2$  : volume larutan untuk konsentrasi yang diinginkan (mL)

Pengamatan membran sel telur ikan nila dilakukan dengan bantuan mikroskop. Setelah membran sel telur telah ditemukan, mikroelektroda ditusukkan ke membran sel telur secara perlahan sehingga tidak merusak jaringan sel itu sendiri. Skema proses pengukuran potensial membran sel dapat diamati pada Gambar 1.

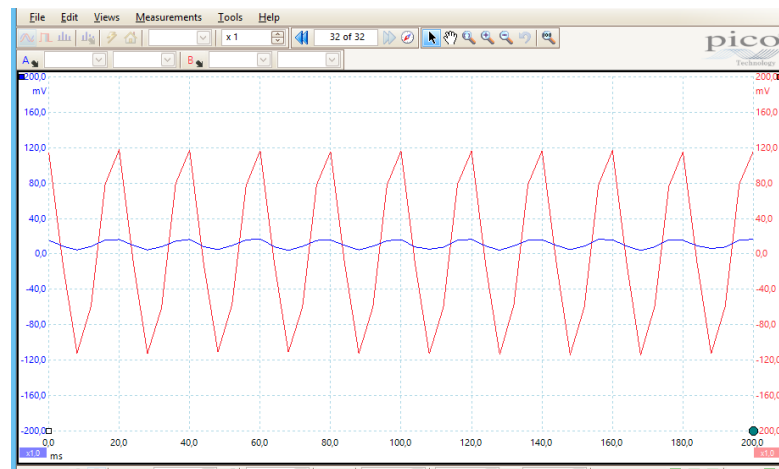


Gambar 1. Skema Pengukuran potensial membran sel telur ikan nila.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa mikroelektroda berfungsi sebagai konduktor listrik untuk mengukur potensial membran sel telur ikan nila. Mikroelektroda merupakan probe kecil yang digunakan untuk mengetahui perubahan potensial yang terjadi di dalam maupun di luar sel (Miller et al., 2001). Pengukuran potensial membran sel telur dilakukan secara pasif tanpa injeksi arus listrik. Picoscope mengolah data potensial membran sel berupa besarnya amplitudo sebelum dan sesudah diberi pencemar timbal.

### **Beda Potensial Membran Sel**

Hasil pengukuran beda potensial membran sel telur ikan nila dapat diamati pada Gambar 2. Tampilan gelombang sinusoidal ini diamati melalui layar PC yang sudah terhubung dengan *Picoscope*. Gelombang berwarna biru menunjukkan nilai tegangan referensi dari daerah sel telur ikan nila, sedangkan gelombang berwarna merah merupakan gelombang tegangan dari sel telur ikan nila. Besaran nilai tegangan (beda potensial) yang terukur antara sel telur ikan nila dan lingkungan sel telur diplotkan dalam bentuk grafik. Grafik yang tergambar merupakan perubahan potensial membran sel telur ikan nila terhadap variasi konsentrasi timbal yang diberikan. Sumbu X merupakan variabel bebas yang menunjukkan nilai dari konsentrasi bahan pencemar timbal, sedangkan sumbu Y menunjukkan perubahan potensial membran sel telur ikan nila sebagai variabel terikat.

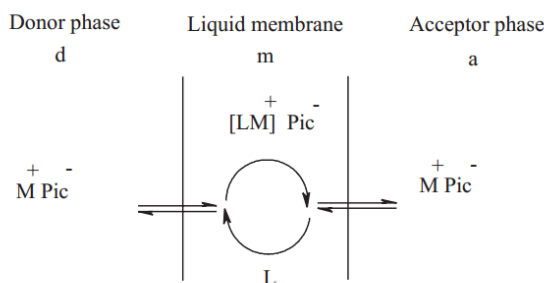


Gambar 2. Tampilan Gelombang Sinusoidal sebagai hasil pengukuran

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

Suatu sel dapat dikatakan hidup apabila sel tersebut mampu membangkitkan pulsa listrik. Besar pulsa listrik yang dihasilkan tergantung pada kondisi lingkungan tempat hidup sel tersebut. Bahan-bahan pencemar yang ada dan bersifat toksik pada lingkungan sekitar sel akan mempengaruhi proses transpor ion-ion yang melewati membran sel, mengganggu gugus fungsi sel dan mengganti senyawa – senyawa penting dalam sel (Komal & Mustafa, 2015). Bahan-bahan pencemar seperti timbal memiliki potensi yang sangat besar sebagai pemblokir kanal ion pada membran (Ningsih, 2013).

Proses masuknya logam Pb ke dalam sel dimulai dari masuknya ion-ion ke dalam sel melalui membran sel seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Penelitian yang dilakukan oleh (Alpoğuz et al., 2005) menunjukkan bahwa mekanisme transpor dilakukan oleh pasangan ion (co-transport) seperti yang tampak pada Gambar 3. L merupakan pembawa ligan. Pada pembatas antara donor dan membran, pasangan ion logam Picrat akan berikatan dengan ligan. Sehingga ikatan yang terjadi  $[LM] + Pic^-$  akan berdifusi melalui membran. Sedangkan pada pembatas antara membran dan aseptor, ikatan antara ligan dan logam picrat terputus sehingga  $M+Pic^-$  bebas masuk ke wiyah aseptor. Pada akhirnya, pembawa ligan kembali berdifusi melewati batas membran.



Gambar 3. Mekanisme pasangan ion berdifusi melewati membran. M: Metal, Pic: Picrate salt, L: Ligand,  $[L-M]+Pic^-$ : ion pair ((Alpoğuz et al., 2005)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pemberian bahan pencemar Pb terhadap sel telur ikan nila mengakibatkan adanya perubahan nilai potensial membran sel. Pemberian pencemar timbal dalam berbagai variasi konsentrasi memberikan dampak perubahan nilai potensial membran yang berbeda pula. Besarnya perubahan nilai potensial membran sel telur akibat adanya pencemar timbal ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perubahan Nilai Potensial Membran Sel akibat Pb

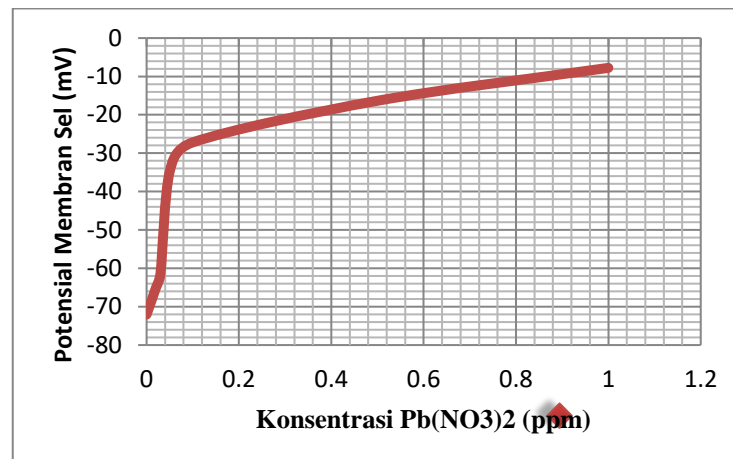
| Konsentrasi<br>Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub><br>(ppm) | Potensial Membran Sel Telur Ikan Nila (mV) |        |        |        |        | V rata-rata<br>(mV) |
|---|--|--------|--------|--------|--------|---------------------|
|   | Sel 1                                      | Sel 2  | Sel 3  | Sel 4  | Sel 5  |                     |
| 0   | -70,45                                     | -72,75 | -72    | -73    | -72    | -72,04              |
| 0,02  | -64,9                                      | -61,8  | -70,8  | -63,4  | -64,85 | -65,15              |
| 0,03  | -60,8                                      | -63,7  | -63,4  | -60,15 | -58,9  | -61,39              |
| 0,05  | -36,85                                     | -31,95 | -33,1  | -36,95 | -35,25 | -34,82              |
| 0,1   | -27,4                                      | -27,2  | -27,65 | -27,7  | -25,95 | -27,18              |
| 0,5   | -17,35                                     | -14,4  | -17,35 | -17,85 | -14,75 | -16,34              |
| 1   | -6,9                                       | -7,35  | -8,75  | -8,75  | -7,1   | -7,77               |

Pb yang berdifusi melewati membran sel menyebabkan terjadinya perubahan pada beda potensial membran sel telur ikan nila. Menurut (Giancoli, 2001), Nilai potensial membran sel dalam kondisi normal tanpa pencemar berkisar antara -50 mV hingga -90 mV. Pada penelitian ini, nilai rerata potensial membran sel telur ikan nila yang belum diberi pencemar Pb adalah -72,04 mV. Tanda negatif pada nilai potensial membran sel menunjukkan bahwa di dalam sel lebih negatif dibandingkan di luar sel, hal ini disebabkan karena perbedaan distribusi jumlah anion dan kation di dalam dan luar sel yang tidak sama (Alberts et al., 2002).

Pb menyebabkan cairan ekstrasel masuk ke daerah intrasel dalam jumlah yang banyak. sehingga mempengaruhi sistem kerja transport ion. Pemilihan pemberian variasi konsentrasi Pb didasarkan pada batas mutu air menurut PP No 82 Tahun 2001 yaitu:

- 0ppm, merupakan larutan standar (Larutan BSM). Pada kondisi ini, ion – ion masih dalam kondisi setimbang.
- 0,03ppm, merupakan nilai batas ambang Pb untuk air kelas A ( siap minum ), kelas B untuk air prasarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar dan ternak, dan kelas C untuk pengairan tanaman, perikanan air tawar dan peternakan.

Konsentrasi Pb untuk 0,02ppm dan 1ppm dipilih berdasarkan pada kondisi sel telur ikan nila yang masih dalam kondisi aman hingga konsentrasi yang melebihi batas ambang. Hasil pengukuran perubahan potensial membran sel dalam bentuk grafik dapat diamati pada Gambar 3.



Gambar 4. Grafik Perubahan Potensial Membran Sel Telur Ikan Nila Akibat Pemberian Pb.

Perubahan potensial membran sel telur ikan nila mulai mengalami penurunan secara signifikan ketika diberi konsentrasi Pb 0,05ppm. Semakin tinggi konsentrasi Pb yang diberikan pada sel telur ikan nila, maka semakin rendah nilai potensial membran dari sel tersebut. Pemberian konsentrasi Pb tertinggi sebesar 1ppm seperti yang terlihat pada grafik di bawah ini menunjukkan bahwa sel telah kehilangan fungsinya. Nilai rerata potensial membran sel saat diberi konsentrasi Pb tinggi 1ppm yaitu -7,77 mV.

Keberadaan Pb dengan konsentrasi tinggi dalam daerah perairan dapat membunuh biota perairan salah satunya adalah ikan nila (Nofal et al., 2019). Akumulasi Pb pada telur ikan nila terjadi akibat kontak yang terjadi antara telur ikan nila dengan medium yang mengandung Pb. Kontak yang berlangsung menyebabkan terjadinya proses perpindahan zat kimia dari lingkungan air ke dalam atau permukaan sel telur ikan nila melalui membran sel. Membran sel tersusun atas Protein lemak dan karbohidrat (Kalkan & Esrefoglu, 2020). Pb yang terakumulasi dalam tubuh ikan dalam waktu yang lama akan bersifat toksik. Logam tersebut menghambat aktivitas enzim melalui pembentukan senyawa antara Pb dengan gugus sulfhidril ( S-H ) (Purwanto et al., 2020). Ikatan yang terjadinya menyebabkan daya kerja enzim menjadi terganggu hingga berhenti total (Williams et al., 2000). Pb bergabung dengan *active site* dari enzim sehingga akan menonaktifkan kerja enzim tersebut (Saputri & Rachmadiarti, 2012). Pada akhirnya, proses penetasan telur ikan nila menjadi terganggu, sel mengalami stress oksidatif (Achparaki et al., 2012) sehingga menghambat pertumbuhan dan perkembangan ikan nila di daerah perairan tersebut.

## Simpulan

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang bersifat toksik. Keberadaan Pb dalam daerah perairan akan mengganggu kehidupan organisme salah satunya ikan nila. Timbal akan mempengaruhi proses penetasan telur ikan nila karena terpapar kandungan Pb dalam konsentrasi tinggi. Hal ini terjadi karena Pb yang masuk ke dalam sel telur akan mempengaruhi transport ion – ion melalui membran sel. Penelitian yang dilakukan menunjukkan besaran nilai potensial membran sel telur ikan nila akibat adanya bahan pencemar timbal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi tertinggi Pb sebesar 1ppm menyebabkan sel telur mengalami penurunan nilai potensial hingga mencapai -7,77 mV. Hasil

dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dalam menaksir polutan logam berat lainnya yang ada di wilayah perairan.

### Referensi

- Achparaki, M., Thessalonikeos, E., Tsoukali, H., Mastrogianni, O., Zaggelidou, E., Chatzinikolaou, F., Vasiliades, N., & Raikos, N. (2012). Heavy metals toxicity . *Aristotle University Medical Journal*, 39(1).
- Alberts, B., Dewey, J., & Walter, P. (2002). *Molecular Biology of The Cell* (4th ed.). Garland Science.
- Alpoğuz, H. K., Kaya, A., & Karakuş, M. (2005). Mechanism and kinetics of copper(II) transport through a liquid membrane containing a dithiophosphonate derivative as carrier. *Turkish Journal of Chemistry*, 29(4), 345–353.
- Bobu, F. R., Widodo, C. S., & Noor, J. A. E. (2016). Efek Ekstrak Sterculia quadrifida R. Br Terhadap Potensial Membran Sel Telur Oreochromis niloticus Akibat Pencemaran Pb. *Natural B*, 3(4), 292–297.
- Dwivedi, S. (2012). *Bioremediation of Heavy Metal by Algae : Current and Future Perspective*. III(iii), 3–7.
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika* (H. Wibi (ed.); 5th ed.). Erlangga.
- Handayani, V., & Juswono, U. P. (2014). Pengaruh Insektisida Terhadap Potensial Membran Sel Ganggang Nitella (Nitella Sp.). *Department of Physics - Faculty of Science*.
- Hani'ah, U., Hernayanti, H., & Simanjuntak, S. B. I. (2020). Efek Subletal Limbah Batik terhadap Aktivitas Enzim Serum Glutamat Pyruvat Transaminase pada Serum Ikan Nila (Oreochromis niloticus). *BioEksakta : Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(1), 23. <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2020.2.1.1971>
- Juswono, U. P. (2000). Pengukuran Potensial membran sel Akar Jagung sebagai Indikator Tingkat Pencemaran Air. *Malang*.
- Kalkan, K. T., & Esrefoglu, M. (2020). The Cell Membrane: A Historical Narration. *Bezmialem Science*, 8(1), 81–88. <https://doi.org/10.14235/bas.galenos.2019.3131>
- Komal, T., & Mustafa, M. (2015). *Heavy metal induced adaptation strategies and repair mechanisms in plants*. January. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14526-6>
- Maslukah, L. (2006). Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. *IPB*. <https://onsearch.id/Record/IOS3315.123456789-9620/TOC#tabnav>

- Miller, A. J., Cookson, S. J., Smith, S. J., & Wells, D. M. (2001). The use of microelectrodes to investigate compartmentation and the transport of metabolized inorganic ions in plants. *Journal of Experimental Botany*, 52(356), 541–549. <https://doi.org/10.1093/jxb/52.356.541>
- Ningsih, N. F. L. (2013). *Pengaruh Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia) Terhadap Respon Potensial Membran Sel Telur Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus) Dalam Air Tercemar Senyawa Hidrogen Peroksida*. Universitas Brawijaya.
- Nofal, M. I., Zaki, V. H., & Ahmed, N. A. S. (2019). *Effects of heavy metal pollution on Nile tilapia in Manzala farm: Oxidative stress biomarkers and histopathological findings*. 7(5), 315–328.
- Palar, H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta.
- Purwanto, A. I., Prihatmo, G., & Pakpahan, S. (2020). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bawal (*Colossoma macropomum*) di Sungai Winongo, Yogyakarta. *Sciscitatio*, 1(2), 70–78. <https://doi.org/10.21460/sciscitatio.2020.12.31>
- Saputri, M. R., & Rachmadiarti, F. (2012). *Penurunan Logam Berat Timbal ( Pb ) Ikan Nila ( Oreochromis nilotica ) Kali Surabaya Menggunakan Filtrat Jeruk Siam ( Citrus nobilis ) Reduction of Lead ( Pb ) Content on Tilapia ( Oreochromis nilotica ) in Kali Surabaya by Using Filtrate Siam Orange ( Ci*.
- Williams, L. E., Pittman, J. K., & Hall, J. L. (2000). *Emerging mechanisms for heavy metal transport in plants*. 1465, 104–126.
- Yacoub, A. M., & Abdel-satar, A. M. (2021). *Accumulation of heavy metals in tilapia fish species and related histopathological changes in muscles, gills and liver of Oreochromis niloticus occurring in the area of Qahr El-Bahr, Lake Al-Manzalah, Egypt*. *March*. <https://doi.org/10.2478/oandhs-2021-0001>