

# Studi Tentang Pengaruh Limbah Pencemar Terhadap Kandungan Radikal Bebas pada Organ Insang Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*)

Nindha A. Berlianti <sup>1)\*</sup>, Chomsin S. Widodo <sup>2)</sup>, Unggul P. Juswono <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Magister Ilmu Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya

<sup>2)</sup> Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya

Diterima 18 Juni 2014, direvisi 30 September 2014

## ABSTRAK

Studi tentang pengaruh pencemaran logam berat terhadap munculnya radikal bebas pada biota perairan telah dilakukan dengan mengaplikasikan logam berat Pb, Cd dan Hg pada ikan nila. Pengamatan radikal bebas dilakukan pada organ insang ikan nila dengan menggunakan ESR. Hasil penelitian menunjukkan pada konsentrasi Pb Nitrat 0.2 ppm-1.4 ppm, Cd Nitrat 0.02 ppm-0.14 ppm, Hg Nitrat 0.006 ppm-0.018 ppm dapat memunculkan radikal bebas jenis  $O_2^-$ . Konsentrasi radikal bebas pada organ insang ikan nila semakin banyak dengan meningkatnya konsentrasi logam berat.

**Kata kunci** : radikal bebas, logam berat, ESR, organ ikan nila.

## ABSTRACT

Studies on the effect of heavy metal pollution on the appearance of free radicals in aquatic biota has been done by applying heavy metals Pb, Cd and Hg in tilapia fish (*Oreochromis Niloticus*). Free radicals research was done to organ of tilapia gills using ESR. The result showed that the concentration of Pb Nitrate 0.2 ppm – 1.4 ppm, Cd Nitrate 0.02 ppm – 0.14 ppm and Hg Nitrate 0.006 ppm – 0.018 ppm could improve free radical  $O_2^-$ . Free radicals concentration in organ of tilapia gills will increase with increasing concentration of heavy metals.

**Keywords** : free radical, heavy metal, ESR, *Oreochromisniloticus*' organ

## PENDAHULUAN

Sungai digunakan untuk berbagai keperluan seperti kegiatan budidaya perikanan. Pencemaran yang masuk ke dalam lingkungan air sungai akan menyebabkan perubahan pada lingkungan dan organisme disekitarnya [1]. Sebagai bahan kajian dalam paper ini digunakan bioindikator ikan nila untuk mendeteksi polutan yang ada pada lingkungan. Ikan nila yang hidup di perairan tercemar secara biologis akan mengakumulasi logam berat tersebut ke dalam jaringan tubuhnya [2]. Bahan pencemar seperti logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh ikan melalui mulut, saluran

pernafasan, saluran pencernaan dan permukaan kulit [3].

Insang merupakan organ respirasi utama, yang erat kaitannya dengan oksigen. Oksigen yang terlarut dalam perairan tercemar akan diabsorpsi ke dalam kapiler-kapiler insang, oleh sebab itu perubahan yang terjadi di lingkungan perairan akan secara langsung berdampak pada struktur dan fungsi insang.

Akumulasi logam berat mengalami peningkatan pada organ ikan dapat merusak sistem pertahanan sel seperti terjadinya stress oksidatif/kerusakan sel sehingga dapat memicu terbentuknya radikal bebas [4]. Senyawa radikal bebas tersebut timbul akibat berbagai proses kimia kompleks yang terjadi didalam tubuh seperti proses oksidasi dan metabolisme sel.

Logam berat dalam jumlah besar dapat

\*Corresponding author:

E-mail: nindhaayuberlianti@yahoo.com

terakumulasi didalam tubuh biota perairan yang bergantung pada efek kimia logam berat tersebut dan cenderung berikatan dengan protein dan lipid pada jaringan biologis. Logam berat menimbulkan efek toksik melalui kemampuannya dalam menimbulkan stres oksidatif yang akan memicu peningkatan reduksi aktivitas enzim antioksidan seperti *catalase* dan *peroxidase* bersamaan dengan meningkatnya peroksidasi lipid, produksi superoksida radikal [5, 6].

Tulisan ini akan memaparkan tentang studi pengaruh akumulasi logam berat pada organ insang ikan nila terhadap munculnya radikal bebas.

### METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian secara keseluruhan yang dilakukan adalah persiapan sampel, perlakuan sampel, pengukuran sampel dan analisis data. Ikan nila dipilih sebagai bioindikator dengan panjang tubuh 8 – 10 cm dan berat 10 – 15 gram, dipelihara dalam akuarium selama rentang waktu 42 hari. Dalam rentang waktu tersebut diberikan variasi konsentrasi pencemar logam berat Pb Nitrat 0,2 ppm – 1,4 ppm, Cd Nitrat 0,02 ppm – 0,14 ppm, Hg Nitrat 0,006 ppm – 0,018 ppm. Pengambilan data dilakukan setiap 7 hari. Pada penelitian ini diambil organ insang ikan nila yang telah tercemar oleh limbah pencemar.

Organ tersebut diambil lalu dipotong dengan ukuran kecil 0,5 – 1,0 cm, setelah itu di masukkan kedalam tabung ukuran 2 cm dan ditutup dengan menggunakan spon. Pengamatan radikal bebas dilakukan pada organ insang dengan menggunakan *Elektron spin resonance* (ESR) pada rentang frekuensi 10,5 – 37,1 Hz, arus 0,32 A, dan B  $1,35301 \times 10^{-5}$  T sehingga diperoleh nilai faktor-g dan dapat ditentukan jenis radikal bebas yang terdapat pada organ ikan nila yang tercemar limbah pencemar, untuk mengetahui pengaruh pencemaran logam berat pada organ ikan nila digunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

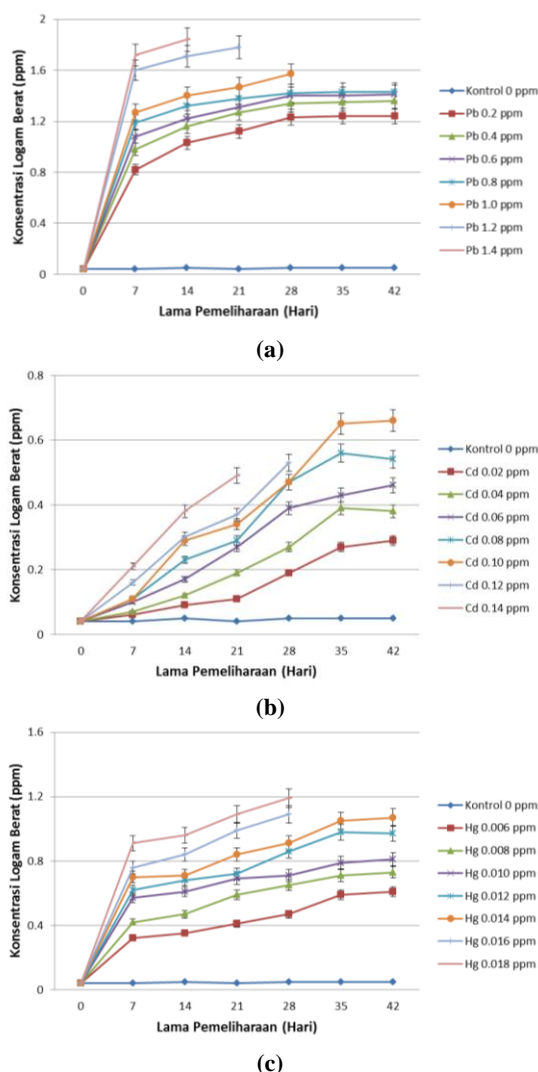
Organ insang yang tercemar tersebut dikeringkan dengan temperatur 105°C, ditimbang 1gr berat kering, ditambahkan HNO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub>, dipanaskan dengan suhu 100°C selama satu jam, kemudian suhu ditingkatkan

menjadi 150°C. Setelah uap kuning habis suhu ditingkatkan menjadi 200°C. Destruksi selesai setelah keluar asap putih dan sisa ekstrak kurang lebih 0,5 ml.

Setelah dingin ditambahkan aquabides sampai volume 50 ml dan kocok agar homogen dan dilakukan pengukuran dengan AAS yang berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom tersebut menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang Pb: 217nm, Cd: 228,8nm, Hg: 253,7nm.

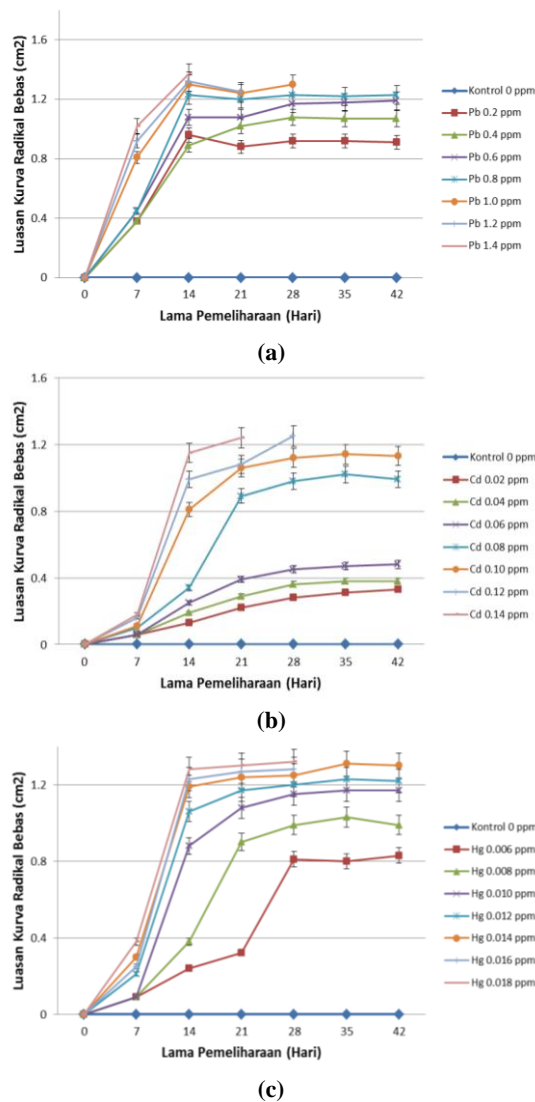
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh pencemar logam berat Pb, Cd, Hg pada organ insang ikan nila seperti pada Gambar 1 (a, b, dan c).



**Gambar 1.** Grafik konsentrasi kandungan logam berat (a) timbal, (b) kadmium dan (c) merkuri pada organ insang

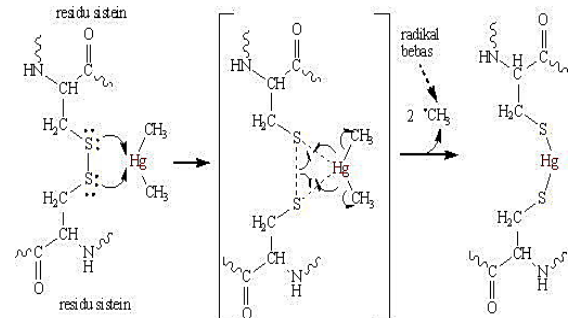
Konsentrasi logam berat Pb, Cd dan Hg yang terakumulasi pada organ insang ikan nila dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pencemaran logam berat tersebut, sebagaimana disebutkan pada Gambar 1 (a, b dan c). Pada minggu I dan II mengalami peningkatan yang relatif cepat karena ikan baru beradaptasi dengan lingkungan baru yaitu adanya logam berat dalam perairan. Selain itu kapasitas untuk daya serap logam berat masih tinggi, sehingga logam berat tersebut lebih cepat terserap dalam organ ikan nila. Tetapi pada minggu III sampai minggu VI mengalami peningkatan yang relatif lambat karena daya serap pada organ sudah mengalami titik jenuh, sehingga logam berat yang masuk pada organ kecil.



**Gambar 2.** Grafik kandungan radikal bebas  $O_2^-$  pada organ insang akibat pencemaran berbagai konsentrasi (a) Pb (Timbal), (b) Cd (Kadmium) dan (c) Hg (Merkuri).

Konsentrasi logam berat pada organ insang ikan nila untuk Pb = 1.84 ppm, Hg = 1.19 ppm, Cd = 0.49 ppm, konsentrasi tersebut sudah melebihi batas maksimal berdasarkan BSN SNI 7387:2009 ICS.67.220.20 yaitu pada Pb = 0.3 ppm, Hg = 0.5 ppm, Cd = 0.1 ppm. Pengaruh pencemar logam berat Pb, Cd dan Hg terhadap munculnya radikal bebas jenis  $O_2^-$  pada organ insang ikan nila seperti pada Gambar 2 (a, b dan c).

Pengaruh pencemaran logam berat Pb, Cd dan Hg terhadap munculnya radikal bebas  $O_2^-$ . Pada minggu I dan II meningkat cepat karena kemampuan daya serap organ insang terhadap polutan tinggi, sehingga logam berat yang terakumulasi dalam organ juga tinggi. Minggu III dan IV meningkat tetapi relatif lambat dan selanjutnya tidak mengalami peningkatan atau konstan, bahkan mengalami penurunan pada pada minggu V dan VI. Hal ini disebabkan daya serap organ ikan nila sudah mengalami titik jenuh karena kandungan logam berat tersebut bersifat terakumulasi dan tetap berada dalam organ ikan dan tidak bisa keluar melalui feses.



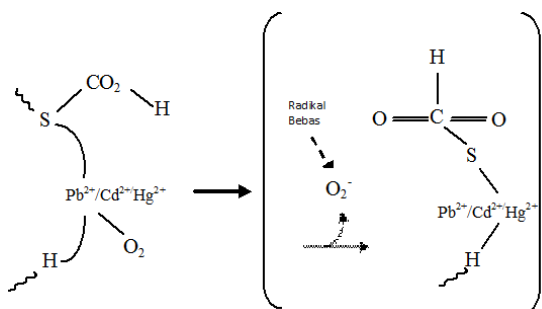
**Gambar 3.** Reaksi Hg dengan sistein [9].

Aktivitas dari logam berat tersebut masuk ke dalam tubuh organisme dengan cara terikat dengan protein, sehingga menyebabkan perubahan sistem metabolisme sel [3]. Pada ikatan merkuri dengan disulfida, logam berat berpengaruh pada ikatan disulfida dan dapat menyebabkan ikatan disulfida putus. Ikatan disulfida merupakan pembentuk struktur tersier dari suatu protein. Putusnya ikatan disulfida ini mengakibatkan protein kehilangan sifat biologisnya (denaturasi protein). Akibat lebih lanjut adalah merkuri membentuk suatu jembatan menggantikan ikatan disulfida sebelumnya. Selanjutnya ikatan kompleks ini dapat menyebabkan kerusakan protein yang telah terbentuk. Mekanisme pembentukannya dapat diamati pada Gambar 3.

Perubahan sistem metabolisme dalam tubuh ikan terjadi jika polutan logam berat mengalami peningkatan, sehingga dapat merusak sistem pertahanan sel dan terjadi stress oksidatif /kerusakan sel. Proses oksidatif terjadi berupa peningkatan penggunaan oksigen dan produksi beberapa senyawa seperti anion superoksida yang dapat berinteraksi dengan protein sehingga menghasilkan metabolit oksigen yang toksik dan bisa menyebabkan disfungsi organ tertentu. Pada kondisi normal organisme menjaga keseimbangan antara menghasilkan dan menetralkan spesies oksigen reaktif (ROS). Ketika terpapar oleh senyawa polutan kecepatan produksi ROS seperti anion superoksida meningkat [7]. Elektron molekul oksigen terlepas ketika berinteraksi dengan molekul lain (senyawa polutan) sehingga dapat menyebabkan elektron tersebut tidak stabil dan selalu berusaha mencari pasangan elektron baru dengan mengambil elektron molekul lain yang berdekatan.

Radikal bebas tidak dapat mempertahankan bentuk aslinya dalam waktu yang lama dan segera berikatan dengan molekul lain disekitarnya, molekul yang terambil elektronnya akan menjadi radikal bebas juga sehingga akan memulai suatu reaksi berantai yang akhirnya akan terjadi kerusakan bahkan kematian pada sel [8].

Radikal  $O_2^-$  (anion superoksida) terjadi karena pembentukan radikal bebas berupa rangsangan konsentrasi logam berat yang tinggi sehingga terjadi kebocoran elektron, ketika elektron meloncat secara langsung ke oksigen dan tidak bergerak normal pada serangkaian yang dikendalikan reaksi dari rantai transpor elektron.



Gambar 4. Reaksi Pb, Cd, Hg dengan protein [10].

Pengaruh logam berat terhadap munculnya radikal bebas  $O_2^-$  pada organ insang ikan nila terjadi karena adanya lama pemeliharaan dan

variasi konsentrasi logam berat dalam perairan, sehingga terjadi akumulasi logam berat dalam organ ikan nila yang dapat menyebabkan meningkatnya kandungan konsentrasi logam berat dan radikal bebas pada organ insang ikan nila.

Akumulasi dalam tubuh ikan juga dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pencemar dalam air untuk proses penyerapan oksigen rendah oleh insang sehingga membuat proses metabolisme ikan terganggu [11]. Kemampuan akumulasi masing-masing organ, sifat organisme (jenis, umur, dan ukuran), pengaruh lapar dan aktivitas, serta kemampuan adaptasi terhadap logam itu sendiri.

## KESIMPULAN

Logam berat Pb, Cd dan Hg yang terakumulasi pada organ insang ikan nila dengan konsentrasi Pb = 1.84 ppm, Cd = 0.49 ppm, Hg = 1.19 ppm dapat memunculkan radikal bebas jenis  $O_2^-$  dan konsentrasi tersebut sudah melebihi batas maksimal berdasarkan BSN SNI 7387:2009 ICS.67.220.20.

Konsentrasi radikal bebas pada organ insang ikan nila semakin banyak dengan meningkatnya konsentrasi logam berat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lu (2006). *Toksikologi Dasar*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- [2] Sanusi, H.S. (2006), *Akumulasi Logam Berat Hg dan Cd pada Tubuh Ikan Bandeng (Chanos chanos Forskal)*. Bogor: Program Pascasarjana IPB.
- [3] Darmono (2006). *Lingkungan Hidup dan Pencemarannya*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press)
- [4] Siregar, YI. Zamri, A. Putra, H. (2012), Penyerapan Timbal (Pb) pada Sistem Organ Ikan Mas. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Universitas Riau, Pekanbaru.
- [5] Flora, S.J.S., Mittal, M., and Mehta, A. (2008), Heavy Metal Induced Oxidative Stres & its Possible Reversal by Chelation Therapy. *Indian J. Med.* **128**: 501-523, Oktober 2008.
- [6] Smiri, M., Chaoui, A., and Ferjani, E.E. (2010), Interaction between Heavy

- Metals and Thiol-Linked Redox Reactions in Germination. *J. Biological Sciences*, 13(18): 877-883, 2010.
- [7] Inoue, M (2008), *Protective mechanisms against reactive oxygen species*. In: Arias IM the liver biology and pathobiology Lippincott Williams and Wilkins 6th-ed. Philadelphia.
- [8] Droge, W (2002), Free Radicals in the Physiological Control of Cell Function. *Physiol Rev* 82:47-95.
- [9] Latifah, R (2011), Pengaruh Merkuri Klorida, Timbal Nitrat dan Hidrogen Peroksida Terhadap Potensial Sel Telur Ikan Gurami Studi Kasus Polutan Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas. *J. Natural B*, Vol. 2 Oktober 2013.
- [10] Fauziah, F.F. (2012), Pengaruh Pemberian Buah Manggis, Buah Sirsak dan Kunyit Terhadap Kandungan Radikal Bebas pada Daging Sapi yang di Radiasi dengan Sinar Gamma. *Skripsi*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- [11] Vinodhini, R. M. Narayanan. (2009), The Impact of Toxic Heavy Metal on Hematological Parameters in Common Carp (*Cyprinus carpio* L). Iran. *J. Environ. Health. Sci. Eng.* 6(1): 23-28.