

**PROFIL CEMARAN KROM DAN AKUMULASINYA
DALAM IKAN DI SUNGAI OPAK**

Skripsi



Windu Septriany Manusiwa

31160038

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2020**

**Profil Cemarkan Krom dan Akumulasinya dalam Ikan
di Sungai Opak**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana



Windu Septriany Manusiwa

31160038

Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

Yogyakarta

2020

ii

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Windu Septriany Manusiwa
NIM : 31160038
Program studi : Biologi
Fakultas : Bioteknologi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

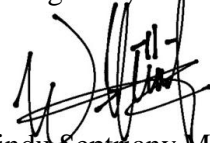
**“PROFIL CEMARAN KROM DAN AKUMULASINYA DALAM IKAN DI
SUNGAI OPAK”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 13 Agustus 2020

Yang menyatakan



(Windu Septriany Manusiwa)

NIM: 31160038

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul Skripsi : Profil Cemaran Krom dan Akumulasinya dalam Ikan di Sungai
Opak
Nama : Windu Septriany Manusiwa
NIM : 31160038
Hari/Tanggal : Kamis, 06 Agustus 2020
Ujian


Disetujui oleh :

Pembimbing I


Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.

NIK : 904E131

Pembimbing II


Drs. Kisworo, M.Sc.

NIK: 874E054

Ketua Program Studi


Dra. Aniek Prasetyaningsih., M.Si.

NIK : 884E075

Lembar Pengesahan

Skripsi dengan judul:

PROFIL CEMARAN KROM DAN AKUMULASINYA DALAM IKAN DI
SUNGAI OPAK

Telah diajukan dan dipertahankan oleh:

WINDU SEPTRIANY MANUSIWA
31160038

Dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana

Dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada tanggal 6 Agustus 2020

Nama Dosen

1. Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, SU
(Dosen Penguji I/ Ketua Tim)
2. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.
(Dosen Pembimbing Utama / Dosen Penguji II)
3. Drs. Kisworo, M.Sc.
(Dosen Pembimbing Pendamping / Dosen Penguji III)

Tanda Tangan

Yogyakarta, 6 Agustus 2020

Disahkan Oleh

Dekan,

(Drs. Kisworo, M.Sc)

NIK: 874 E 054

Ketua Program Studi Biologi,

(Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si)

NIK: 884 E 075

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Windu Septriany Manusiwa

NIM : 31160038

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“Profil Cemaran Krom dan Akumulasinya dalam Ikan di Sungai Opak”

Adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 6 Agustus 2020



Windu Septriany Manusiwa

NIM : 31160038

KATA PENGANTAR

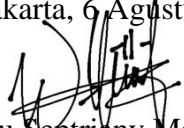
Puji Syukur dipanjatkan penulis kepada Tuhan Yesus karena kasih karunia-Nya telah memampukan penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul PROFIL CEMARAN KROM DAN AKUMULASINYA DALAM IKAN DI SUNGAI OPAK. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana bagi mahasiswa Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.

Selama mengerjakan skripsi ini, penulis telah memperoleh banyak arahan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Drs. Kisworo, M.Sc., sebagai Dekan Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.
2. Dra. Aniek Prasetyaningsih., M.Si., sebagai ketua Prodi Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.
3. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes. & D Drs. Kisworo, M.Sc., sebagai dosen pembimbing pertama dan kedua yang selalu mengarahkan dan membantu saya dengan sabar dalam menyelesaikan tugas skripsi ini.
4. Arga Nugraha, S.Si., sebagai pihak laboran yang membantu dalam proses penyiapan alat dan bahan yang diperlukan selama proses penelitian.
5. Orang tua maupun keluarga yang senantiasa mendukung saya baik dalam spritual dan material selama proses pengerjaan skripsi ini berlangsung.
6. Teman-teman di Bioteknologi 2016 yang senantiasa memberi semangat, terkhususnya rekan Pieter John Joshua Daris dan Geraldine A Ma'dika yang ikut turun kedalam lapangan selama proses penelitian berjalan.

Penulis menyadari terkait banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga penulis memerlukan adanya saran dan kritik yang membangun. Akhir kata penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi setiap pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 6 Agustus 2020


Windu Septriany Manusiwa

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL DEPAN.....	i
HALAMAN JUDUL BAGIAN DALAM.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Sungai Opak	5
2.2. Logam Berat Kromium (Cr).....	6
2.3. Distribusi Krom di Lingkungan	7
2.4. Akumulasi Logam Berat dalam Ikan.....	8
2.5. Dampak Pencemaran Logam Berat Krom terhadap Ikan.....	10
2.6. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Akumulasi Krom pada Ikan.....	11
2.6.1. Temperatur.....	11
2.6.2. pH	12
2.6.3. Oksigen terlarut (DO).....	12

2.6.4. Kedalaman	12
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2. Parameter yang Diukur.....	14
3.3. Bahan dan Alat	14
3.4. Lokasi dan Titik pengambilan Sampel.....	15
3.5. Jenis dan Teknik Pengambilan Sampel	15
3.5.1. Pengambilan sampel	15
3.5.1.1. Sampel air.....	15
3.5.1.2. Sampel sedimen	16
3.5.1.3. Sampel ikan	16
3.6. Cara Kerja.....	16
3.6.1. Pengukuran fisik, kimia dan biologi.....	16
3.6.2. Preparasi sampel	17
3.6.3. Ekstraksi sampel.....	17
3.6.3.1. Ekstraksi sampel air.....	17
3.6.3.2. Ekstraksi sampel padat (sedimen dan ikan).....	17
3.6.4. Analisis kadar kromium	17
3.6.5. Analisis data	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Profil Pencemaran Krom di Sungai Opak	19
4.2. Akumulasi Krom pada Ikan di Sungai Opak.....	25
4.3. Hubungan Konsentrasi Kromium pada Air dan Sedimen terhadap Akumulasi Krom pada Ikan	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	34
5.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel. 1. Konsentrasi krom pada air, sedimen dan ikan serta kualitas air di Sungai Opak	19
Tabel. 2. Pengaruh panjang ikan terhadap konsentrasi krom di Sungai Opak	28
Tabel. 3. Pengaruh berat ikan terhadap konsentrasi krom di Sungai Opak	28
Tabel. 4. Nilai BCF daging ikan Nila dan Nilem di Sungai Opak	29
Tabel. 5. Uji regresi linear berganda antara konsentrasi krom pada air, sedimen dan ikan	32

©UKDW

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta lokasi titik sampling Sungai Opak	15
Gambar 2. Akumulasi krom pada ikan Nila dan Nilem di Sungai Opak.....	26
Gambar 3. Hubungan konsentrasi krom pada air dan sedimen dan akumulasi krom pada ikan	31

©UKDW

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran. 1. Proses pengambilan sampel dan pengukuran kualitas air Sungai Opak ..	39
Lampiran. 2. Data preparasi sampel ikan.....	40
Lampiran. 3. Dokumentasi pengukuran panjang dan berat ikan	41
Lampiran. 4. Hasil analisis krom dari Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia	43
Lampiran. 5. Uji statistik menggunakan One way Anova dan Regresi linear berganda	51
Lampiran. 6. Formulir pemantauan skripsi.....	53

©UKDW

Profil Cemaran Krom dan Akumulasinya dalam Ikan di Sungai Opak

ABSTRAK

WINDU SEPTRIANY MANUSIWA

31160038

Sungai Opak merupakan salah satu sungai di Yogyakarta yang memiliki peranan sebagai ekosistem sungai besar dan menunjang kehidupan masyarakat. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui profil cemaran dan akumulasi logam berat kromium (Cr) pada ikan yang ditangkap dari Sungai Opak, Bantul. Penelitian dilakukan pada 6 lokasi di sepanjang aliran Sungai Opak meliputi sampel air, sedimen, daging ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan nilem (*Osteochilus vittatus*). Metode analisis logam kromium pada sampel uji menggunakan *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS). Dari hasil penelitian ditemukan nilai rerata konsentrasi krom pada air sungai sebesar $0,01889\text{mg.kg}^{-1}$, pada sedimen $0,7125\text{mg.kg}^{-1}$, ikan nila sebesar $0,3799\text{mg.kg}^{-1}$ dan ikan nilem sebesar $0,8489\text{mg.kg}^{-1}$, sehingga distribusi krom yang paling besar hingga kecil secara berturut sampel daging ikan nilem > sedimen > ikan nila > air. Berdasarkan nilai faktor biokonsentrasi ikan nila digolongkan dalam kategori akumulatif sedang dan ikan nilem sebagai akumulatif tinggi. Nilai krom pada sampel daging ikan masih berada dibawah standar baku mutu Dirjen POM 1989 ($2,5\text{ mg.kg}^{-1}$).

Kata kunci : Akumulasi, Ikan, Kromium, Sungai Opak

Contamination Profile and Accumulation of Chromium in Fish from Opak River

ABSTRACT

WINDU SEPTRIANY MANUSIWA

31160038

*Opak River is one of the rivers in Yogyakarta that has a role as a large river ecosystem and supports people's lives. The aim of this study was to determine the contamination profile and accumulation of heavy metal chromium (Cr) in fish which were caught from Opak River, Bantul. The study was conducted at 6 locations along the Opak River including water samples, sediments, and muscle tissue of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), and bonylip barb (*Osteochilus vittatus*). Chromium in samples was analyzed by using Atomic Absorption Spectrometer (AAS). However, the results showed the average value of chromium concentration in river water was 0.01889 mg.kg⁻¹, in sediment 0.7125 mg.kg⁻¹, tilapia 0.3799 mg.kg⁻¹ and bonylip barb was 0.8489 mg.kg⁻¹, the distribution of the chromium from the greatest to the lowest found in bonylip barb > sediment > Nile tilapia > water. Based on the bioconcentration factor value tilapia classified in the category of moderate accumulative and bonylip barb as high accumulative. Chromium concentration in fish muscle were lower as per Director General of POM in 1989 (2.5 mg.kg⁻¹)*

Keywords: Accumulation, Chromium, Fish, Opak River

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Opak adalah satu dari sungai-sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta, yang memiliki panjang aliran ± 65 km dan luas daerah aliran sungai $\pm 1398,18$ km². Bagian hulu dari Sungai Opak terletak di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman dan bagian hilir sungai terletak di Kelurahan Srigading, Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul. Terdapat beberapa anak sungai dari Sungai Opak, seperti Sungai Oyo, Sungai Winongo, Sungai Code, Sungai Gajahwong, dan Sungai Tambakbayan yang akhirnya akan bermuara di selatan Pulau Jawa (Wardhana, 2015). Sungai Opak memiliki peranan besar sebagai ekosistem sungai besar dan menunjang kehidupan masyarakat, sehingga perlu diperhatikan kualitas air dari sungai tersebut. Berdasarkan hasil penelitian Rahardjo & Prasetyaningsih (2017) menjelaskan bahwa Sungai Opak telah tercemar logam berat kromium (Cr), dikarenakan adanya aktivitas pembuangan limbah industri penyamakan kulit di sungai tersebut. Studi tersebut menemukan konsentrasi krom telah terdistribusi di lingkungan desa Banyakan seperti pada air, sedimen dan hewan akuatik secara berturut sebesar 8,83; 89,22; dan 8,6 mg.kg⁻¹. Selain itu, kondisi ini sebelumnya juga telah disoroti oleh media dimana pada tahun 2015 Badan Lingkungan Hidup (BLH) Bantul menyatakan bahwa terdapat sekitar lima pabrik kulit di Kecamatan Piyungan yang membuang limbah cairnya ke Sungai Opak. Kelima pabrik kulit tersebut sebenarnya sudah mengolah limbahnya, meskipun demikian hasil pengolahan limbah tersebut dinyatakan tidak memenuhi standar baku mutu (Anonim¹, 2015). Pada tahun 2019 media juga menyoroti matinya ribuan ikan di Sungai Opak yang diduga disebabkan oleh logam berat (Anonim², 2019). Tercemarnya Sungai Opak dikarenakan limbah industri tentunya akan semakin memburuk apabila kawasan industri tersebut tidak ditertibkan.

Kawasan industri adalah daerah yang difokuskan untuk kegiatan industri, dilengkapi dengan sarana prasarana dan dikelola baik oleh pemerintah melalui

BUMN, BUMD serta swasta. Pembangunan industri bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan dan daya saing industri, kesejahteraan masyarakat dan sebagainya. Salah satu daerah dengan potensi sebagai kawasan industri adalah Piyungan, dimana kecamatan Lokasi Kawasan Industri Piyungan (KIP) telah sesuai dengan Perda Kabupaten Bantul No. 4 tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah, lokasi strategis dekat dengan jalan nasional dan tempat transaksi secara ekonomi. Kawasan Industri Piyungan menerapkan prinsip berwawasan lingkungan dalam pengembangannya. Kawasan Industri Piyungan memiliki luas sebesar 374,59Ha yang diperuntukan untuk 70% zona industri, 18% zona fasilitas penunjang dan 12% untuk zona ruang hijau terbuka. Dalam kegiatan industri di daerah KIP tentunya membutuhkan ketersediaan air yang tinggi yang diperoleh dari Sungai Opak. Namun, dengan adanya pengembangan industri akan berpotensi dan berisiko menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan yang lebih besar lagi. Pihak Badan Lingkungan Hidup (BLH) telah melakukan monitoring untuk mengetahui kualitas air Sungai Opak berdasarkan parameter fisik, kimia, dan parameter tambahan seperti logam berat. Meskipun demikian, diperlukan monitoring kualitas perairan dengan melibatkan organisme akuatik yang memiliki habitat di Sungai Opak atau yang dikenal sebagai biomonitoring.

Biomonitoring merupakan proses pemantauan kualitas perairan secara biologi dengan melihat keberadaan kelompok organisme petunjuk (indikator) yang hidup di perairan tersebut. Biomonitoring sudah sering dilakukan dengan memanfaatkan organisme akuatik seperti makroinvertebrata, moluska, dan ikan. Ikan relatif terletak pada bagian atas rantai makanan di perairan, sehingga biasanya dapat menumpuk logam berat dari makanan, air, dan sedimen. Logam dengan konsentrasi lebih tinggi seperti kromium diketahui dapat menyebabkan efek berbahaya pada jaringan dan organ ikan. Kromium merupakan logam berat alami yang sering dimanfaatkan dalam proses industri dan dapat menyebabkan efek kesehatan yang buruk pada manusia. Di lingkungan, kromium memiliki dua valensi utama berupa kromium hexavalen

(Cr[VI]) dan kromium trivalent (Cr[III]). Krom (Cr) yang larut dalam air bersifat bioakumulatif dalam jaringan tubuh organisme hidup (Prastyo *et al.*, 2016). Krom yang masuk kedalam perairan sungai akan terakumulasi melalui rantai makanan, sehingga menjadikan predator sebagai bioakumulator tertinggi (Rahardjo & Prasetyaningsih, 2017). Kromium dapat terakumulasi pada ikan melalui dua jalur, yaitu melalui saluran pencernaan dengan cara mengonsumsi air dan makanan yang mengandung Cr serta melalui membran permeabel pada ikan seperti otot dan insang. Oleh karena itu kadar krom pada ikan dapat mencerminkan kadar krom pada sedimen dan perairan dari habitat ikan tersebut, dan dapat dijadikan sebagai bioindikator yang baik (Rajeshkumar & Li, 2018). Dalam beberapa dekade terakhir, konsentrasi logam berat pada ikan telah dipelajari secara luas di berbagai belahan dunia. Kasus pencemaran lingkungan ini akan terus berlanjut dan bahkan meningkat seiring perkembangan zaman apabila tidak ditanggapi dengan serius. Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai profil cemaran dan akumulasi logam berat kromium (Cr) pada ikan di Sungai Opak, Bantul.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana pola distribusi pencemar kromium (Cr) di sepanjang aliran sungai Opak?
- 1.2.2 Bagaimana akumulasi logam berat kromium (Cr) pada Ikan di sepanjang aliran Sungai Opak?
- 1.2.3 Bagaimana hubungan konsentrasi kromium (Cr) di perairan dan sedimen dengan akumulasi krom pada Ikan?

1.3 Tujuan

- 1.3.1 Mengetahui pola distribusi pencemar kromium (Cr) di sepanjang aliran sungai Opak
- 1.3.2 Mengetahui akumulasi logam berat kromium (Cr) pada Ikan di sepanjang aliran Sungai Opak

- 1.3.3 Mengetahui hubungan konsentrasi kromium (Cr) pada air dan sedimen dengan akumulasi krom di Ikan

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh peneliti dan akademis sebagai sumber informasi, media pembelajaran maupun bahan acuan dalam penelitian lanjutan mengenai profil pencemaran logam berat kromium di perairan. Pemerintah dan instansi terkait dapat memanfaatkan hasil penelitian ini sebagai sumber acuan atau referensi terkait monitoring kandungan logam berat kromium (Cr) dalam sedimen, air dan biota di Sungai Opak. Selain itu dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan mengenai penertiban industri terhadap sistem pengolahan limbah industrinya, serta pengaturan batasan konsumsi ikan di daerah tercemar logam berat kromium.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- 5.1.1 Aktivitas pembuangan dari limbah industri penyamakan kulit dan IPAL di daerah Banyakan berperan besar sebagai sumber pencemar logam berat kromium di Sungai Opak dibuktikan dengan ditemukannya pencemar krom pada semua sampel uji. Krom terdistribusi paling banyak terdapat pada daging ikan nilam ($0,8489\text{mg.kg}^{-1}$), sampel sedimen ($0,7125\text{mg.kg}^{-1}$), ikan nila ($0,3799\text{mg.kg}^{-1}$) dan paling sedikit pada bagian air ($0,01889\text{mg.kg}^{-1}$).
- 5.1.2 Akumulasi krom pada daging ikan nila memiliki kisaran dari $0,0004-0,638\text{mg.L}^{-1}$, dan pada ikan nilam berkisar $0,553-1,485\text{mg.L}^{-1}$. Berdasarkan nilai rerata BCF maka diperoleh hasil bahwa ikan nilam bersifat akumulatif tinggi, sedangkan ikan nila tergolong kedalam akumulatif sedang.
- 5.1.3 Konsentrasi krom pada air dan sedimen tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap akumulasi krom pada ikan nila dan nilam.

5.2 Saran

Instansi pemerintah dapat mulai mempertimbangkan untuk menertibkan setiap industri dalam hal pengolahan limbah industrinya agar sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap akumulasi krom pada ikan dengan variasi jenis makanan untuk mengetahui ada tidaknya peningkatan kemampuan akumulasi krom pada ikan dengan tingkat trofik yang berbeda. Pengujian akumulasi krom dilakukan juga pada bagian *non edible parts* dari ikan seperti insang, hati dan tulang mengingat bagian-bagian tersebut juga sangat sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia, serta analisis histopatologi untuk melihat ada tidaknya kerusakan jaringan atau organ dari ikan di Sungai Opak.

DAFTAR PUSTAKA

- Amriani, Hendrarto, B. & Hadiyanto, A., 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Kerang Darah (*Anadara granosa L.*) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis L.*) di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 9 (2), pp. 45-50.
- Anonim¹. 2015. Limbah Pabrik Kulit Cemari Sungai. Diperoleh 07 Juli 2020 dari http://koran-sindo.com/page/news/2015-11-17/6/88/Limbah_Pabrik_Kulit_Cemari_Sungai.
- Anonim². 2019. Limbah pabrik dan TPA Piyungan cemari Sungai Opak. Diperoleh 07 Juli 2020 dari <https://www.starjogja.com/2017/09/29/limbah-pabrik-dan-tpa-piyungan-cemari-sungai-opak>
- Aslam, S. & Yousafzai, A. M., 2017. Chromium toxicity in fish: A review article. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (3), pp. 1483-1488
- Azis, M. N., Herawati, T., Anna, Z. & Nurruhwati, I., 2018. Pengaruh Logam Kromium (Cr) Terhadap Histopatologi Organ Insang, Hati Dan Daging Ikan Di Sungai Cimanuk Bagian Hulu Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9 (1), pp. 119-128
- Djoharam, V., Riani, E. & Yani, M., 2018. Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan di Wilayah Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(1), pp. 127-133.
- Djumanto. & Probusunu, N., 2011. Biodiversitas sumber daya ikan di hulu Sungai Opak. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 11 (1), pp. 1-10.
- Edward., 2019. Akumulasi Logam Berat Pb, Cd, Ni Dan Zn Pada Daging Ikan Di Teluk Kao, Halmahera. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 2 (2), pp. 59-71.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- El-Moselhy, K., Othman, A., El-Azem, H., *et al.*, 2014. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, Elsevier Ltd*, 1(2), pp. 97–105. doi: 10.1016/j.ejbas.2014.06.001.
- EPA Ohio., 2001. *Sediment Sampling Guide and Methodologie 2nd edition*. Environmental Protection Agency, state of Ohio.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circular No: 463, pp. 5-100
- Handayani, R., Dewi, N. K., Priyono, B., 2014. Akumulasi Kromium (Cr) pada Daging Ikan Nila Merah (*Oreochromis ssp.*) Dalam Keramba Jaring Apung di Sungai Winongo Yogyakarta. *Jurnal Mipa*, 37(2), pp. 123-129.
- Kurniawati, S., Nurjazuli. & Raharjo, M., 2017. Risiko Kesehatan Lingkungan Pencemaran Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr VI) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Aliran Sungai Garang Kota Semarang. *Higiene*, 3 (3), pp. 152-160.

- Mainassy, M. C., 2017. Pengaruh Parameter Fisika dan Kimia terhadap Kehadiran Ikan Lompa (*Thryssa baelama* Forsskal) di Perairan Pantai Apui Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 19(2), pp. 61-66
- Maslukah, L., 2013. Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 2, pp. 55-62
- Nuraini, R. A. T., Endrawati, H. & Maulana, R., 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), pp. 48–55.
- Nurkhasanah, S., 2015. *Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Dalam Air, Sedimen, Dan Ikan Nila (Oreochromis Niloticus) Serta Karakteristik Biometrik Dan Kondisi Histologisnya Di Sungai Cimanuk Lama, Kabupaten Indramayu*. Tesis. Institut Pertanian Bogor : Bogor
- Özan, S. T. & Aktan, N., 2012. Relationship of Heavy Metals in Water, Sediment and Tissues with Total Length, Weight and Seasons of *Cyprinus carpio* L., 1758 From Işikli Lake (Turkey). *Pakistan J. Zool*, 44(5), pp. 1405-1416.
- Palar, H., 1994. *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. 1st ed. Jakarta, PT RINEKA CIPTA.
- Pangestika, R., Sarto. & Suwarni, A., 2015. *Analisis Kualitas Air Sungai dengan Ikan Lele (Clarias Batrachus) sebagai Bioindikator Sekitar Industri Rambut dan Bulu Mata di Purbalingga, Jawa Tengah*. Ilmu Kesehatan Masyarakat. Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta
- Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Prastyo, D., Herawati, T., & Iskandar., 2016. Bioakumulasi Logam Kromium (Cr) pada Insang, Hati, dan Daging Ikan yang tertangkap di Hulu Sungai Cimanuk Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan Kelautan*, VII (2), pp. 1-8.
- Pratiwi., Rostika, R. & Dhahiyat, Y. 2011. Pengaruh Tingkat Pemberian Pakan Terhadap Laju Pertumbuhan dan Deposisi Logam Berat Pada Ikan Nilem Di Karamba Jaring Apung Waduk Ir. H. Djuanda. *Jurnal Akuatika*, 2 (2).
- Rajeshkumar, S. & Li, X., 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Reports*, pp. 288–295. doi: 10.1016/j.toxrep.2018.01.007.
- Rahardjo, D. & Prasetyaningsih, A., 2017. Distribusi dan Akumulasi Krom di Lingkungan Kawasan Industri Kulit Desa Banyakan. Prosiding Seminar Nasional III, Malang: 29 April 2017, pp. 330-338
- Rakocy, J. E., 2009. *Oreochromis niloticus*. In Cultured aquatic species fact sheets. Diperoleh 22 Juli 2020 dari http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en_niletilapia.htm
- Riede, K. 2004. Global Register of Migratory Species From Global to Regional Scale. Federal Agency for Nature Conservation. Germany.

- Sahlan, L. R., Radinta, S., Kholisoh, S. D. & Mahargiani, T., 2016. Penurunan Kadar Krom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Metode Elektrokoagulasi secara Batch. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, Yogyakarta: 17 Maret 2016, pp. 1-7.
- Salmin., 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, XXX (3), pp. 21-26.
- Sari, A. H. W., & Perwira, I. Y., 2019. Biomarker Histopatologi Hati Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) Sebagai Peringatan Dini Toksisitas Kromium (Cr) di Muara Tukad Badung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2), pp. 229–233.
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A. & Guntur., 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 22(1), pp. 1-9
- Sia Su, G. L., Ramos, G. B. & Sia Su, M. L. L., 2013. Bioaccumulation and histopathological alteration of total lead in selected fishes from Manila Bay, Philippines. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(4), pp. 353–355. doi: 10.1016/j.sjbs.2013.03.003.
- Siaka, I. M., 2012. Distribusi Cemaran Logam Berat Kromium (Cr) di Sekitar Industri Pelapisan Logam Desa Susut, Bangli. *Ecotrophic*, 4(2), pp. 112-117.
- Supriharyono. 2009. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Yogyakarta, PustakaBelajar
- Tian, S., Wang, Z. & Shang, Z., 2011. Study on the Self-purification of Juma River. *Procedia Environmental Sciences*, 11 (2011), pp. 1328-1333.
- Van der Oost, R., Beyer, J. & Vermeulan, N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology & Pharmacology*, 13 (2), pp. 57-149.
- Vasconcelos, F. R., Menezes, R. F. & Attayde, J. L., 2018. Effect of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) on the plankton community of a tropical reservoir during and after an algal bloom. *Hydrobiologia*, 817, pp. 393–401. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3591-2>
- Wardhana, P. N., 2015. Analisis Transpor Sedimen Sungai Opak dengan Menggunakan Program HEC-RAS 4.1.0. *Jurnal Teknisia*, XX (1), pp. 22–31.
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.
- Webera, P., Behr, E. R., Knorr, C. D. L., Vendruscolo, D. S., Flores, E. M. M., Dressler, V. L. & Baldisserotto, B., 2012. Metals in the water, sediment, and tissues of twofish species from different trophic levels in a subtropical Brazilian river. *Microchemical Journal*, 106 (2013), pp. 61-66
- Wei, Y., Jiao, Y., An D., Li, D., Li W. & Wei Q., 2019. Review of Dissolved Oxygen Detection Technology: From Laboratory Analysis to Online Intelligent Detection. *Sensors*, 19(3995), pp. 1-38
- WHO., 2004. Joint FAO/WHO expert standards program codex alimentation commission. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

- Wiropathi, E. A. M. O., Raharjo & Budijastuti, W., 2012. Pengaruh Kromium Heksavalen (VI) terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *LenteraBio*, 1 (2), pp. 75–79.
- Yuniarto, D. R. & Iqbal, A., 2013. Pengaruh Limbah Cair Industri Batik terhadap Kualitas Air Sungai Serayu di Kecamatan Banyumas Kabupaten Banyumas. *Journal of Waste Management Technology*, 16, pp. 81-86.
- Zhang, J., Zhu, L., Li, F., Liu, C., Yang, Z., Qiu, Z., Xiao, M., 2017. Heavy metals and metalloid distribution in different organs and health risk assessment for edible tissues of fish captured from Honghu Lake. *Impact Journal*, 8(60), pp. 101672-101685

©UKYDWN