

# AKUMULASI LOGAM BERAT Cd PADA MATRIKS AIR, SEDIMEN, DAN IKAN NILEM (*Osteochilus hasselti*) DI SUNGAI TAJUM KABUPATEN BANYUMAS JAWA TENGAH

Afif Sofiyab Abdul Aziz, Arif Mahdiana, Norman Arie Prayogo, Nuning Vita Hidayati\*

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal Purwokerto, 53122, Indonesia

e-mail korespondensi: \*[nuning.hidayati@unsoed.ac.id](mailto:nuning.hidayati@unsoed.ac.id)

## ABSTRACT

Cadmium (Cd) is a harmful heavy metal, causing water pollution. This study aims to determine the Cd content in the water matrix, sediment, and nilem fish (*O. hasselti*) in Tajum River, Banyumas as well as the level of Cd pollution based on single pollution index (Pi), contamination factor (CF), index of geoaccumulation (Igeo), bioaccumulation factor (BAF), estimated daily intake (EDI), and target hazard quotient (THQ). The research method used is the survey method, with the sampling technique is purposive random sampling. The study site was divided into 5 stations with 3 sampling repetitions. The results showed that Cd content in water ranged from 0.009-0.030 mg/L, sediments ranged from 0.320-0.533 mg/kg, and nilem fish ranged from 0.010-0.029 mg/kg. The concentration of Cd in water has exceeded the threshold limit according to PP RI No. 22/2021. While, the concentration of Cd in sediments according to the guidelines of the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) is still below the threshold value. The Cd content in nilem fish does not exceed the threshold value based on Kepmen-KKP No. 37 of 2019 and BPOM No. 5 of 2018. The level of pollution in the Tajum River shows the category of slight pollution – mild pollution based on Pi, moderately polluted based on CF, based on Igeo not polluted to moderate, based on BAF organisms have the ability and cannot accumulate Cd, based on EDI high category, and based on THQ there are risks. This shows that fish caught in the Tajum River will cause serious health problems if consumed continuously in the long term.

**Keywords:** Heavy Metal Cd, Nilem Fish (*O. hasselti*), Sediment, Tajum River, Water.

Diterima: 15 November 2022

Diterbitkan: 1 Desember 2022

## PENDAHULUAN

Sungai merupakan perairan mengalir (lotik) yang dicirikan oleh arus yang searah dan relatif kencang (Nisa *et al.*, 2015). Sungai menjadi salah satu ekosistem perairan mengalir yang berperan penting dalam menunjang kegiatan dan kehidupan manusia (Sutanto dan Purwasih, 2012; Pasingi *et al.*, 2014; Karuh *et al.*, 2019). Demikian pula Sungai Tajum yang merupakan bagian DAS Serayu Bogowonto yang dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk kegiatan permukiman, industri, pertanian, dan pertambangan. Sungai ini mengalir melewati lima kecamatan di Kabupaten Banyumas yaitu Kecamatan Gumelar, Ajibarang, Wangon, Jatilawang, dan Rawalo.

Kawasan sungai sering dicemari oleh logam-logam berat yang terdapat dalam air buangan dari kawasan industri yang biasanya tidak diolah terlebih dahulu (Yudo, 2006). Salah satu logam berat yang terdapat pada aktivitas ini adalah Kadmium (Cd) (Santos *et al.*, 2005). Logam berat Cd memengaruhi kualitas air

sehingga mengakibatkan kondisi lingkungan tidak sesuai lagi dengan peruntukannya (Liu *et al.*, 2004; Szmytkiewicz and Zalewska, 2014). Selain itu juga akan berpengaruh pada sedimen dan biota, karena sifat logam berat yang akumulatif (Suryani *et al.*, 2018). Logam berat dapat diabsorpsi dan terakumulasi secara biologis pada organisme perairan termasuk ikan yang ada di dalamnya (Arimardewi *et al.*, 2018).

Kontaminasi logam berat pada ikan disebabkan adanya pencemaran terhadap lingkungan perairan dan sedimen. Kandungan logam berat pada tubuh ikan erat kaitannya dengan pembuangan limbah industri di sekitar tempat hidup ikan tersebut, seperti sungai, danau, dan laut (Anand, 1978). Ikan nilem (*O. hasselti*) menjadi salah satu biota yang dapat dijadikan bioindikator logam berat Cd, karena kemampuannya mengakumulasi logam berat.

Beberapa perairan di Indonesia telah tercemar logam berat Cd diantaranya, Sungai

Citarum memiliki kadar Cd tertinggi 0,06 mg/L (BPLHD, 2013). Hidayati *et al.*, (2014) yang mendapat hasil kandungan logam berat Cd pada air berkisar 0,004-0,050 mg/L, pada sedimen berkisar antara 0.43-2.20 mg/kg. Siregar *et al.*, (2020) melaporkan bahwa kandungan ikan belanak di Sungai Donan berkisar 0,1377-0,2090 mg/kg. Nilai tersebut telah melebihi nilai batas baku mutu yang ditetapkan oleh PP No. 22 Tahun 2021, yaitu 0,01 mg/L pada air, menurut pedoman CCME (1999), yaitu 0,07 mg/kg pada sedimen dan pada ikan nilam telah melebihi nilai batas baku mutu yang ditetapkan oleh Kepmen-KKP No. 37 Tahun 2019, yaitu sebesar 0,05 mg/kg dan menurut BPOM RI No. 5 Tahun 2018 yaitu sebesar 0,1 mg/kg.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kandungan Cd di Sungai Tajum Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah serta mengetahui tingkat pencemaran Cd pada air yang dianalisis menggunakan *Single Pollution Index* (Pi), sedimen menggunakan *Contamination Factor* (CF) dan *Index of Geoaccumulation* (Igeo). Sedangkan Bioakumulasi pada ikan nilam (*O. hasselti*) dianalisis menggunakan *Bioaccumulation Factor* (BAF) dan kelayakan konsumsi berdasarkan *Estimated Daily Intake* (EDI), dan *Target Hazard Quotient* (THQ).

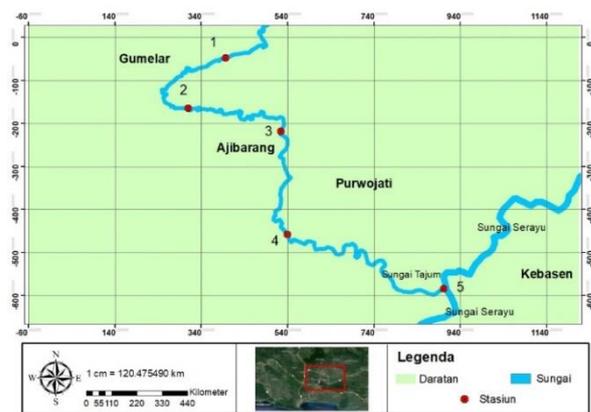
## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juli 2021, dengan lima lokasi pengambilan sampel (Gambar 1), yaitu di Desa Samudra Kecamatan Gumelar (Lokasi 1), Desa Cihonje Kecamatan Gumelar (Lokasi 2), Desa Karangbawang Kecamatan Ajibarang (Lokasi 3), Desa Gerduren Kecamatan Purwojati (Lokasi 4), dan Desa Banjar Parakan Kecamatan Rawalo (Lokasi 5) Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah.

### Pengambilan Sampel

Sampel sebanyak 3 kali pengulangan pada masing-masing lokasi, dengan metode survei dan teknik pengambilan sampel *purposive random sampling*. Sampel air diambil pada sebanyak 600 mL kemudian menambahkan larutan HNO<sub>3</sub> pekat sebanyak ± 0,75 mL (15 tetes). Sampel sedimen diambil sebanyak ± 250 g dengan alat sekop. Sampel ikan nilam dewasa siap konsumsi dengan ukuran panjang tubuh berkisar ±10 cm diambil 15 ekor dengan menggunakan jaring atau pancing.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian.

Sampel dimasukkan dalam kantong plastik, serta diberi label. Selanjutnya, sampel didinginkan dalam *ice box*, kemudian dilakukan analisis di laboratorium (Nadia *et al.*, 2017).

### Preparasi Sampel untuk Analisis Cd

Sampel air diambil sebanyak 50 mL, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan HNO<sub>3</sub> pekat sebanyak 10 mL. Sampel tersebut selanjutnya dipanaskan pada suhu 80°C perlahan-lahan sampai sisa volumenya menjadi 15-20 mL dan terjadi perubahan warna dari semula keruh menjadi jernih (larutan dijaga jangan sampai mendidih). Jika didestruksi belum sempurna (tidak jernih), maka ditambahkan lagi 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat kemudian dipanaskan lagi (tidak mendidih). Setelah itu, sampel disaring menggunakan kertas *Whatman* No. 41 dan dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambah akuades sampai tanda tera kemudian dihomogenkan. Sampel siap diukur serapannya menggunakan alat AAS (SNI, 2009). Sampel sedimen dan ikan terlebih dahulu dibersihkan dan dikeringkan, kemudian dihaluskan dalam cawan penumbuk porselen. Kemudian diambil sebanyak ± 5 g, lalu dimasukkan ke dalam cawan porselen. Sampel tersebut dipanaskan dalam *muffle furnace* dengan kenaikan temperatur secara bertahap hingga 500°C selama ± 5 jam. Sampel kemudian ditimbang lalu diambil sebanyak 3 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL ditambahkan dengan 25 mL akuades lalu diaduk. Ditambahkan 5-10 mL HNO<sub>3</sub> pekat, diaduk hingga bercampur rata. Kemudian erlenmeyer tersebut diletakkan di atas *hotplate* pada suhu 105-120°C, panaskan sampai

volume sampel tinggal  $\pm 10$  mL, diangkat dan didinginkan. Ditambahkan 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat dan 3 mL HClO<sub>4</sub> pekat tetes demi tetes melalui dinding kaca erlenmeyer. Kemudian erlenmeyer dipanaskan kembali pada *hotplate* hingga timbul asap putih dan larutan sampel menjadi jernih. Setelah timbul asap putih, pemanasan dilanjutkan selama  $\pm 30$  menit. Didinginkan lalu larutan dikocok sampai homogen dan disaring dengan kertas *Whatman* No. 41. Filtrat yang diperoleh dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades, sampel siap untuk dianalisis menggunakan AAS (Elmer, 1996).

#### Pembuatan Larutan Standar Cd

Larutan standar logam Cd diperlukan untuk mengetahui persamaan dari kurva standar logam Cd yang digunakan untuk menghitung kandungan logam Cd dari sampel yang dianalisis. Larutan standar Cd 1000 mg/L, dibuat dengan melarutkan CdSO<sub>4</sub> sebanyak 0,18545 g dalam 100 mL HNO<sub>3</sub> 0,1 N. Selanjutnya larutan tersebut diencerkan dan dibuat dalam berbagai konsentrasi yaitu 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 3,00; 4,00; 5,00 mg/L, kemudian masing-masing konsentrasi diukur absorbansinya menggunakan alat AAS dan akan diperoleh kurva standar logam Cd (Elmer, 1996).

#### Pengukuran Kandungan Cd

Kandungan logam Cd dalam media air, sedimen dan ikan nilam diukur dengan metoda *Flame Atomic Absorption Spectrometry* menggunakan seperangkat alat AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) yang memiliki tingkat ketelitian 10<sup>-4</sup> ppm. Filtrat hasil preparasi dihisap dengan selang respirator sebanyak 20 mL dan dimasukkan dalam *nebulyzer*, kemudian dikabutkan dan diupkan. Uap yang terbentuk dibakar dengan nyala api burner dan diikuti terjadi proses atomisasi, kemudian disinari dengan sinar katoda pada panjang gelombang tertentu. Logam Cd diukur pada panjang gelombang 228,8 nm dan kuat arus 10 mA. Hasil serapan lampu akan ditangkap oleh detektor. Untuk larutan standar Cd dilakukan perlakuan yang sama dengan sampel. Nilai absorbansi sampel maupun larutan standar Cd akan muncul pada layar AAS disertai persamaan garisnya (SNI, 2009). Perhitungan kandungan logam Cd dalam

sampel menggunakan rumus:

$$\text{Kandungan Cd} = \frac{A \times B}{C} \text{ mg/L}$$

Keterangan:

A = ppm pembacaan

B = volume akhir hasil ekstraksi

C = berat sampel awal

#### Perhitungan Data

*Single Pollution Index* (Pi). Pi merupakan rasio tingkat kontaminasi setiap logam pencemaran logam berat dalam sampel air yang diamati dengan nilai standar indeks pencemaran untuk badan air. Pi dapat dihitung dengan rumus (Dadzie *et al.*, 2020):

$$Pi = \frac{Ci}{Si}$$

Dimana Pi mewakili indeks faktor tunggal, Ci adalah konsentrasi logam yang diukur dalam air, dan Si adalah nilai standar untuk badan air sebagai habitat ikan (0,012 mg/L).

*Contamination Factor* (CF). CF merupakan rasio konsentrasi logam yang terukur dalam sedimen dengan konsentrasi logam yang secara alami ada dalam kerak bumi (*background*). CF dapat dihitung dengan rumus (Raj *et al.*, 2013):

$$CF = \frac{C(\text{heavy metal})}{C(\text{background})}$$

*Index of Geoaccumulation* (Igeo). Igeo digunakan untuk menggambarkan tingkat kontaminasi logam dalam sedimen dengan membandingkan konsentrasi logam saat ini dengan tingkat praindustri. Igeo dapat dihitung dengan rumus (Raj *et al.*, 2013):

$$Igeo = \text{Log}_2 \frac{Cn}{1,5 \times Bn}$$

Di mana Cn adalah konsentrasi logam dalam sampel sedimen yang diteliti, Bn adalah konsentrasi logam background. 1,5 adalah konstanta yang digunakan karena kemungkinan adanya variasi nilai dalam latar seperti pengaruh antropogenik.

*Bioaccumulation Factor* (BAF). BAF didefinisikan sebagai rasio konsentrasi logam dalam suatu organisme dengan konsentrasi logam dalam air. BAF dihitung menggunakan rumus (Jayaprakash *et al.*, 2015):

$$BAF = \frac{\text{Konsentrasi dalam organisme}}{\text{Konsentrasi dalam air}}$$

*Estimated Daily Intake* (EDI). EDI merupakan estimasi dari asupan logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui konsumsi harian. Penilaian EDI digunakan

untuk merepresentasikan asupan harian logam berat (Rayyan *et al.*, 2019).

$$EDI = \frac{C \times Cons}{body\ weight}$$

Dimana *C* adalah konsentrasi logam berat pada ikan, *Cons* adalah jumlah konsumsi ikan/orang/hari. Sedangkan *body weight* adalah berat badan rata-rata orang dewasa sebesar 60 kg.

**Target Hazard Quotients (THQ).** Nilai THQ dikenal sebagai parameter yang berguna dalam penilaian resiko kesehatan manusia terhadap logam yang terkandung dalam biota (Yap *et al.*, 2016). THQ merupakan rasio antara EDI dan RfD, maka persamaan menjadi:

$$THQ = \frac{EDI}{RfD}$$

(Song *et al.*, 2009; Cheng & Yap, 2015; Yap *et al.*, 2016). Nilai RfD Cd adalah 1 µg/kg per hari.

### Pengukuran Parameter Pendukung

Pengambilan dan pengawetan sampel air untuk kualitas air dilakukan secara *insitu* dan *eksitu*. Pengambilan sampel air yang bersifat *insitu* (langsung diukur di lapangan) tidak dilakukan pengawetan, meliputi suhu, kecepatan arus, dan DO. Sedangkan pengambilan sampel air yang bersifat *eksitu* (diukur di laboratorium) didinginkan dalam *ice box* meliputi, TDS, pH, BOD dan COD.

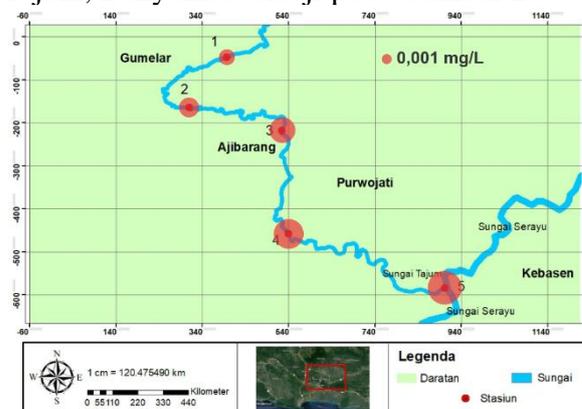
### Analisis Data

Data kandungan logam berat Cd pada matriks air, sedimen, dan ikan nilam (*O. hasselti*) yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F, apabila hasilnya terdapat perbedaan yang signifikan dilanjutkan dengan uji BNt (Beda Nyata terkecil). Data kandungan logam berat Cd pada air dengan nilai standar untuk perairan sebagai habitat biota dianalisis menggunakan *Single Pollution Index (Pi)*, pada sedimen dianalisis menggunakan *Contamination Factor (CF)* dan *Index of Geoaccumulation (Igeo)*, sedangkan data kandungan logam berat Cd pada ikan nilam (*O. hasselti*) dianalisis menggunakan *Bioaccumulation Factor (BAF)*, *Estimated Daily Intake (EDI)*, dan *Target Hazard Quotients (THQ)* untuk mengetahui tingkat pencemaran. Kemudian dibandingkan dengan kategori yang sudah ada.

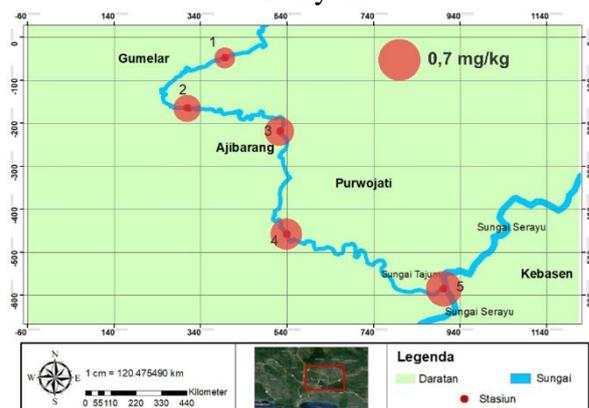
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Cd pada Air

Logam berat Cd banyak terdapat di lingkungan perairan yang berasal dari sumber alami (debu vulkanik, pengikisan bebatuan, dan lain-lain) maupun kegiatan antropogenik (limbah domestik, limbah industri dan lain-lain). Hasil pengukuran pada matriks air menunjukkan bahwa kandungan Cd di Sungai Tajum, Banyumas tersaji pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Kandungan logam berat Cd pada matriks air di Sungai Tajum, Banyumas



**Gambar 3.** Kandungan logam berat Cd pada matriks sedimen di Sungai Tajum, Banyumas

Kandungan Cd pada matriks air menunjukkan, nilai tertinggi terdapat pada stasiun 5 (0,025 – 0,030 mg/L) dan nilai terendah terdapat pada stasiun 1 (0,009–0,013 mg/L). Tingginya kandungan Cd pada stasiun 5 dapat disebabkan karena stasiun 5 merupakan bagian hilir dari Sungai Tajum dan mengalir melewati daerah permukiman, pertanian, pertambangan emas dan pasir, serta industri semen. Dengan demikian nilai kandungan logam berat Cd pada air menjadi lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Santos *et al.* (2005); Yudo (2006); dan Khusuma *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa peningkatan kadar logam berat dalam air sungai umumnya

disebabkan oleh masuknya bahan pencemar seperti, limbah industri, pertambangan, pertanian dan domestik sehingga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan masyarakat. Rendahnya kandungan Cd pada stasiun 1 dapat dikarenakan pada stasiun ini merupakan daerah hulu dengan arus relatif tinggi. Dengan demikian arus membawa logam berat menuju bagian hilir sungai dan terendapkan di dasar perairan. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Sarjono (2009) dan Ma`rifah *et al.* (2016) bahwa rendahnya kadar logam berat pada perairan akibat terjadinya pertukaran air secara terus menerus dan arus dapat menyebarkan logam berat dalam air dari permukaan ke segala arah. Semakin tinggi kecepatan arus maka akumulasi logam berat pada sedimen akan semakin kecil. Kandungan Cd di Sungai Tajum pada air di lima stasiun berkisar 0,009 – 0,030 mg/L. Hal ini menunjukkan semua stasiun telah melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditentukan yaitu 0,001 mg/L menurut PP No. 22 Tahun 2021.

#### Kandungan Cd pada Sedimen

Logam berat dapat terakumulasi dalam lingkungan terutama dalam sedimen sungai dan laut, serta terikat dengan senyawa organik dan anorganik melalui proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks. Oleh karena itu, logam berat dapat dengan mudah erakumulasi dalam sedimen, sehingga kadar logam berat dalam sedimen pada umumnya lebih besar dari air (Tarigan, 2003; Jahan & Strezov, 2018).

Kandungan Cd tertinggi terdapat pada stasiun 5 (0,490–0,533 mg/kg) dan nilai terendah pada stasiun 1 (0,320 – 0,340 mg/kg). Tingginya Cd pada stasiun 5 dikarenakan merupakan daerah pertambangan pasir dan banyak digunakan untuk aktivitas transportasi pertanian. Hal ini diduga menjadi sumber adanya logam berat pada sedimen yaitu kegiatan pertambangan dan industri (Conel dan Miller, 2006).

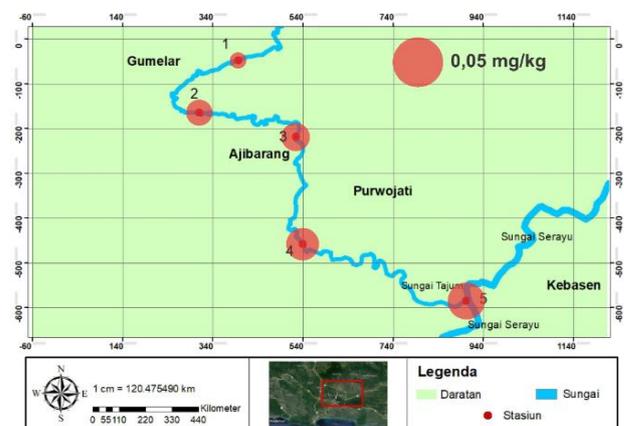
Pernyataan tersebut diperkuat oleh Mulyaningsih dan Suprpti (2015); Belabed *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa aktivitas pertanian merupakan awal dari terjadinya kontaminasi. Rendahnya kandungan Cd pada stasiun 1 dapat dikarenakan pada stasiun 1

merupakan bagian hulu dengan arus yang relatif tinggi, sehingga kandungan logam berat yang terdapat pada badan air juga akan ikut terbawa oleh arus. Arus ini akan memengaruhi proses laju pengendapan atau sedimentasi dan memengaruhi ukuran butir sedimen yang terendapkan (Maslukah, 2013). Kandungan logam berat Cd di Sungai Tajum pada sedimen di lima stasiun berkisar 0,320 – 0,533 mg/kg, nilai tersebut masih dalam NAB yaitu 0,7 mg/kg menurut pedoman CCME (1999).

#### Kandungan Cd pada Ikan Nilem (*O. hasselti*)

Logam berat pada perairan merupakan ancaman bagi makhluk hidup baik itu biota yang ada di dalam perairan tersebut, maupun pada tumbuh-tumbuhan dan manusia yang bergantung pada sumber air tersebut.

Kandungan Cd pada ikan nilen di Sungai Tajum nila tertinggi yaitu pada stasiun 5 (0,026 – 0,029 mg/kg). Sedangkan kandungan Cd terendah pada stasiun 1 (0,010 – 0,016 mg/kg). Tingginya kandungan Cd pada ikan nilen di stasiun 5 dapat disebabkan karena stasiun ini memiliki arus yang relatif rendah (0,10-0,94 m/s). Kadar Cd yang tinggi di stasiun 5 juga dikarenakan stasiun ini merupakan hilir sungai yang akhirnya menerima beban cemaran terbanyak selain dari bagian yang di atasnya (hulu dan tengah) (Prabowo *et al.*, 2012). Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas (Natsir *et al.*, 2019). Aliran Sungai Tajum mengalir menuju bagian hilir melewati daerah pertambangan dan industri. Hal tersebut berpotensi meningkatkan cemaran logam berat pada perairan.

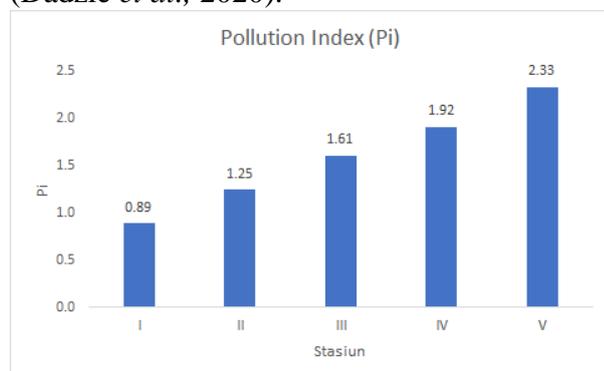


**Gambar 4.** Kandungan logam berat Cd pada matriks ikan nilen (*O. hasselti*) di Sungai Tajum, Banyumas.

Kandungan Cd terendah pada ikan nilam di Sungai Tajum yaitu terdapat pada stasiun 1 yang merupakan bagian hulu sungai. Bagian hulu Sungai Tajum banyak digunakan untuk aktivitas sehari-hari warga dan menjadi tempat pembuangan limbah rumah tangga. Meskipun aktivitas tersebut berpotensi menyebabkan meningkatnya Cd ke dalam perairan, pola distribusi arus menyebabkan logam berat menyebar jauh dari sumber pencemarnya (Susantoro & Ariani, 2018). Rendahnya kadar Cd pada ikan nilam di stasiun 1 juga disebabkan oleh sifat ikan yang *mobile* (berpindah-pindah) (Agustina *et al.*, 2019). Kandungan logam berat Cd pada matriks ikan nilam (*O. hasselti*) di lima stasiun berkisar 0,010 – 0,029 mg/kg. Berdasarkan data tersebut kandungan logam berat Cd pada ikan tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan oleh Kepmen-KKP No. 37 Tahun 2019, yaitu sebesar 0,05 mg/kg dan menurut BPOM No. 5 Tahun 2018 yaitu sebesar 0,1 mg/kg. Proses penyerapan Cd oleh organisme akuatik yang terjadi secara terus menerus akan mengakibatkan penumpukan Cd dalam tubuh organisme sehingga pada akhirnya mengakibatkan kematian organisme tersebut (Darmono, 2001).

### Tingkat Pencemaran

*Single Pollution Index (Pi)*.  $P_i$  digunakan untuk menghitung kontaminasi atau indeks pencemaran.  $P_i$  merupakan rasio tingkat kontaminasi setiap logam pencemaran logam berat dalam sampel air yang diamati dengan nilai standar indeks polusi untuk badan air (Dadzie *et al.*, 2020).



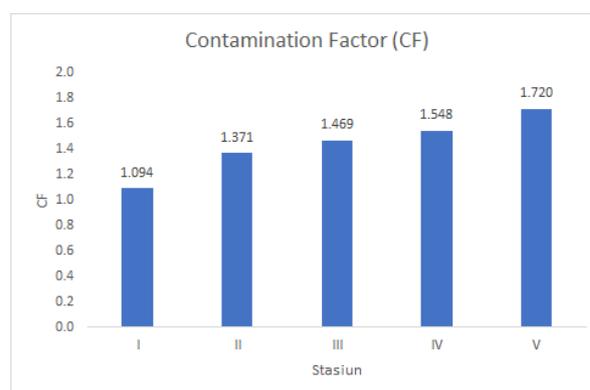
**Gambar 5.** *Single Pollution Index (Pi)* di Sungai Tajum, Banyumas.

Nilai  $P_i$  pada Sungai Tajum termasuk dalam kriteria *non pollution – mild pollution*. Meningkatnya nilai  $P_i$  sebanding dengan tingkat pencemaran pada masing-masing

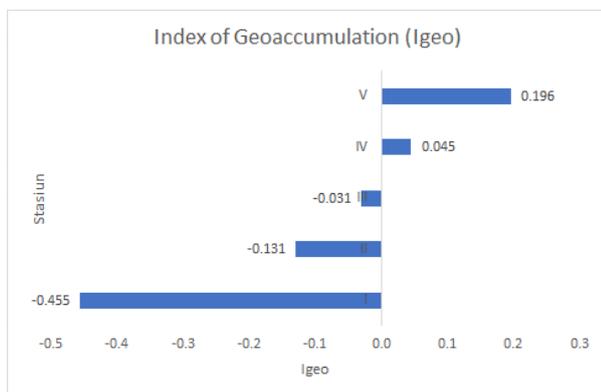
stasiun dengan tingkat pencemaran yang semakin meningkat menuju bagian hilir. Berbagai kegiatan antropogenik di setiap stasiunnya mengakibatkan pencemaran di DAS Tajum mengalami peningkatan. Pembuangan air limbah tanpa melalui proses pengolahan, seperti limbah rumah tangga, pertambangan, pertanian, dan industri di DAS Tajum akan memengaruhi kualitas air di Sungai Tajum. Penggunaan lahan pertanian dan permukiman memengaruhi spasial kualitas air. Pencemaran air sungai perlu dikendalikan seiring dengan lajunya pertumbuhan dan pembangunan agar fungsi sungai dapat tetap dilestarikan (Lusiyana *et al.*, 2021).

*Contamination Factor (CF)*. *Contamination Factor (CF)* merupakan metode perhitungan yang paling umum dan sering digunakan untuk mengevaluasi kontaminasi logam berat pada sedimen. Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa nilai CF pada setiap stasiun mengalami peningkatan dan termasuk kedalam kategori kontaminasi sedang.

Sesuai dengan nilai CF oleh Muller, (1969) kriteria  $1 \leq CF \leq 3$  termasuk kedalam tingkat kontaminasi sedang. Semakin rendah arus suatu perairan maka akumulasi logam berat yang masuk ke dalam sedimen akan semakin tinggi, karena logam berat bersifat akumulatif sehingga dapat memberikan dampak kumulatif bagi lingkungan dan biota yang akhirnya berdampak terhadap kesehatan masyarakat (Mulyaningsih dan Suprpti, 2015).



**Gambar 6.** *Contamination Factor (CF)* di Sungai Tajum, Banyumas.



**Gambar 7.** Index of Geoaccumulation (Igeo) di Sungai Tajum, Banyumas.

*Index of Geoaccumulation (Igeo).* Igeo merupakan metode perhitungan yang paling umum dan sering digunakan untuk mengevaluasi kontaminasi logam berat pada sedimen (Syakti *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2021). Perbedaan nilai yang didapatkan pada tiap stasiun, membuktikan bahwa kondisi lingkungan dan aktivitas manusia memengaruhi besar kecilnya logam berat yang terakumulasi dalam sedimen (Gambar 7).

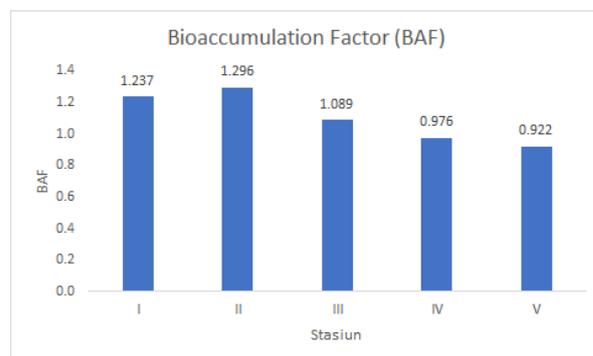
Hal ini sesuai dengan Wardhani dan Lina, (2018) bahwa konsentrasi logam berat dalam sedimen berkaitan dengan input pengaruh aktivitas antropogenik. Berdasarkan nilai Igeo termasuk kedalam kategori tidak tercemar hingga sedang.

*Bioaccumulation Factor (BAF).* BAF merupakan rasio konsentrasi logam dalam suatu organisme dengan konsentrasi logam dalam air (Sophia *et al.*, 2017). Nilai BAF pada stasiun 1, 2, dan 3 termasuk kedalam kategori organisme memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat di dalam tubuhnya ( $BAF > 1$ ). Sedangkan pada stasiun 4 dan 5 organisme kurang mampu untuk mengakumulasi logam berat di dalam tubuhnya ( $BAF < 1$ ). Hasil perhitungan nilai BAF dapat dilihat pada Gambar 8.

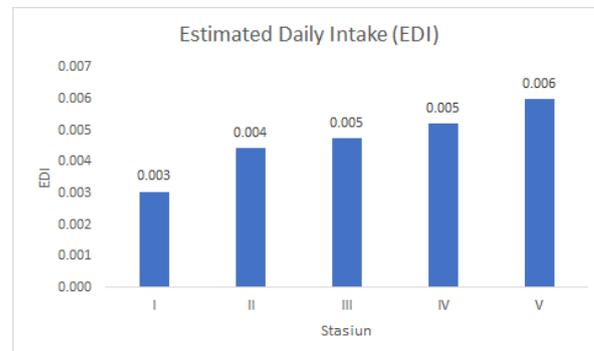
Hal ini dapat disebabkan pada stasiun 4 dan 5 ikan mengakumulasi logam berat Cd lebih tinggi dari ikan di stasiun lainnya. Karena pada stasiun 4 dan 5 merupakan daerah hilir yang telah melewati kegiatan antropogenik (pertambangan, industri) dan memiliki arus yang relatif rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Santos *et al.* (2005), yang menyatakan bahwa aktivitas seperti industri minyak dan produksi semen akan berpotensi menimbulkan masuknya bahan pencemar yang

beracun dan berbahaya bagi perairan dan akan berakibat pada penurunan kualitas perairan. Faktor yang memengaruhi akumulasi logam berat pada ikan di antaranya adalah konsentrasi logam di lingkungan dan waktu pemaparan (Annabi *et al.*, 2013).

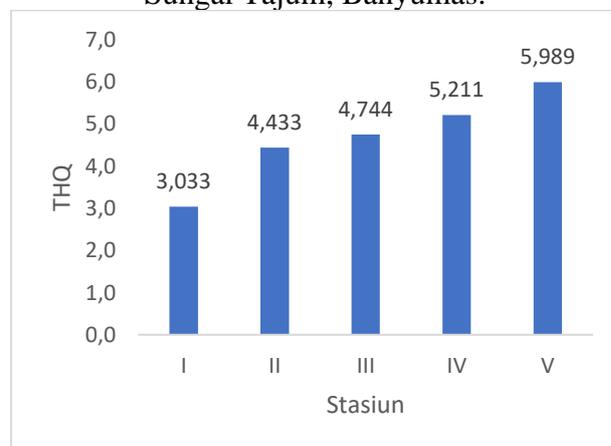
*Estimated Daily Intake (EDI).* Penilaian EDI digunakan untuk merepresentasikan asupan harian logam berat. EDI bertujuan untuk menilai peringatan dampak merugikan bagi kesehatan yang diakibatkan oleh suatu jenis logam berat (Rayyan *et al.*, 2019). Hasil perhitungan EDI tersaji pada Gambar 9.



**Gambar 8.** Biaccumulation Factor (BAF) di Sungai Tajum, Banyumas



**Gambar 9.** Estimated Daily Intake (EDI) di Sungai Tajum, Banyumas.



**Gambar 10.** Target Hazard Quotient (THQ) di Sungai Tajum, Banyumas.

Nilai yang didapatkan pada semua stasiun tergolong tinggi karena telah melebihi batas asupan harian Cd yang ditentukan yaitu 0,001 mg/kg/hari (Song *et al.*, 2009; Cheng & Yap, 2015; Yap *et al.*, 2016). Nilai estimasi asupan harian kandungan Cd yang tinggi pada ikan nilam yang didapatkan di Sungai Tajum, hal ini juga sejalan dengan kandungan Cd pada ikan yang didapatkan. Menurut pernyataan Rayyan *et al.* (2019) bahwa nilai yang didapatkan sangat bergantung pada konsentrasi logam dalam masing-masing ikan. Nilai EDI yang melebihi batas nilai asupan maksimal maka hal tersebut dapat menjadi peringatan mengenai efek kesehatan merugikan yang ditimbulkan oleh logam berat yang terkandung dalam ikan konsumsi.

*Target Hazard Quotient* (THQ). THQ bertujuan untuk menilai dampak merugikan terhadap kesehatan yang disebabkan oleh suatu logam (Rayyan *et al.*, 2019 dan Ghifari *et al.*, 2022). Nilai THQ dikenal sebagai parameter yang berguna dalam penilaian resiko kesehatan manusia terhadap logam (Yap *et al.*, 2016). Hasil perhitungan THQ dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan nilai pada kelima stasiun menunjukkan bahwa ikan nilam memiliki resiko membahayakan kesehatan apabila dikonsumsi dalam jangka panjang. Cd yang memasuki tubuh manusia, maka Cd diangkut ke hati oleh darah. Selanjutnya, akan membentuk ikatan dengan protein dan diangkut ke ginjal serta terakumulasi di ginjal. Jika terkontaminasi akan mengganggu fungsi ginjal dan kerusakan ginjal, dampak lainnya adalah diare, sakit perut, muntah-muntah, keretakan tulang, kegagalan reproduktif bahkan ketidaksuruban atau kemandulan, kerusakan sistem syaraf pusat, kerusakan sistem imunitas, gangguan psikologis, kerusakan DNA atau kanker (Titin, 2014).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kandungan Cd di Sungai Tajum, Kabupaten Banyumas pada matriks air berkisar antara 0,009-0,030 mg/L, sedimen berkisar antara 0,320-0,533 mg/kg dan ikan nilam (*O. hasselti*) 0,010-0,029 mg/kg. Tingkat pencemaran logam berat Cd di Sungai Tajum, Kabupaten Banyumas pada matriks air berdasarkan Pi

termasuk kedalam kategori *non pollution – mild pollution*. Sedangkan pada matriks sedimen berdasarkan CF termasuk kedalam kategori kontaminasi sedang dan berdasarkan Igeo termasuk kedalam kriteria tidak tercemar hingga sedang. Bioakumulasi terhadap ikan nilam (*O. hasselti*) berdasarkan BAF secara umum termasuk kedalam kategori memiliki kemampuan dan kurang mampu mengakumulasi logam berat, berdasarkan EDI telah melebihi nilai asupan maksimal dan berdasarkan THQ ikan yang dikonsumsi terus menerus dalam jangka waktu yang panjang termasuk kedalam kategori terdapat resiko.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat Cd di Sungai Tajum, Kabupaten Banyumas perlu adanya monitoring secara berkala untuk mengetahui kandungan logam berat Cd di Sungai Tajum. Karena daerah aliran sungai melewati berbagai macam aktivitas antropogenik seperti, aktivitas mencuci, mandi, kakus, pertanian, pertambangan, dan industri. Hal tersebut dapat menyebabkan meningkatnya Cd pada perairan. Dengan demikian masyarakat sekitar mengetahui batasan untuk pemanfaatan Sungai Tajum beserta sumberdaya yang terdapat didalamnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) atas hibah penelitian Skema Riset Dasar berdasarkan SK Rektor Unsoed No. 1068/UN23/HK.02/2021. Penulis juga menyampaikan terima kasih atas kontribusi Alm. Drs. Asrul Sahri Siregar, M.Si. selama proses penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. 2014. Kontaminasi logam berat pada makanan dan dampaknya pada kesehatan. *TEKNOBUGA*. Vol. 1(1), Hal: 53-65.
- Anand, S.J.S. 1978. Determination of mercury, arsenic, and cadmium in fish by neuron activation. *Jurnal of Radioanalytical Chemistry*, Vol. 47, Hal: 99-101.
- Annabi, A., Said, K., Messaoudi, I. 2013. Cadmium: bioaccumulation,

- histopathology and detoxifying mechanisms in fish. *American Journal of Research Communication*, Vol. 1(4), Hal: 60-79.
- Arimardewi M., O., Restu, I.W., Suprabadevi A. S, 2018. Studi pendahuluan kadan timbal dan kadmium dalam air dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*, Linn.) sebagai kajian kualitas air di Bendungan Telaga Tanjung, Bali. *Jurnal Metamorfosa*, Vol. 5(1), Hal: 85-93.
- Belabed B.E., Meddour A.N., Samraoui B., Chenchouni, H. 2017. Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189 p. 1–19. DOI 10.1007/s10661-017-5968-5.
- CCME. 1999. *Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Cadmium*. In: *Canadian environmental quality guidelines*. Winnipeg. Canadian Council of Ministers of the Environment pp. 1299
- Connel, D.W, Miller, G.J., 2006. *Kimia dan ekotoksikologi pencemaran*. Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Dadzie A. A., Yuan L., Xing S., Liu X., Zhou X. 2020. Survey and assessment of metals distribution in the overlying water of the representative lake and rivers in Zhenjiang, China. *SN Appl Sci* 2:776
- Darmono. 2001. *Lingkungan hidup dan pencemarannya*. Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Ghifari, F., Adi, S., Jusup, S. 2022. Potensi risiko kesehatan manusia akibat konsumsi *Perna viridis* yang mengandung Kadmium. *Journal of Marine Research*, Vol. 11(1), Hal: 19-29.
- Hidayati, N. V., Siregar, A. S., Sari, L. K., Putra, G. Y., Hartono, Nugraha, I. P., Syakti, A. D. 2014. Pendugaan tingkat kontaminasi logam berat Pb, Cd dan Cr pada air dan sedimen di Perairan Segara Anakan, Cilacap. *OmniAkuatika*, Vol. 13(18), Hal: 30-39.
- Jahan, S. & Strezov, V. 2018. Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metals in the sediments of seaports of NSW, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 128, Hal: 295–306. doi:10.1016/j.marpol bul. 2018.01.036.
- Jayaprakash, S. & Ha, M. 2015. Modeling policyholder behavior through insurance resonant marts for pricing options and guarantees. *World Journal of Engineering and Technology*, Vol, 3, Hal: 227-233.
- Karuh R. E, Siahaan, R., Marina F. Singkoh, O. 2019. Keanekaragaman makrozobentos Sungai Lowatag Minahasa Tenggara Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA*, Vol. 8(3), Hal: 143-145.
- Kusuma R. C, Wawan B, Arifudin. 2017. Kajian logam berat di lokasi penambangan emas tradisional di Desa Sangon, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo. *Prosiding Seminar Nasional Sekolah Tinggi Nasional Yogyakarta*. 322-327
- Liu, B., Xu, M., Wang, J., Wang, Z., & Zhao, L. 2021. Ecological risk assessment and heavy metal contamination in the surface sediments of Haizhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 163: 111954. doi:10.1016/j.marpolbul. 2020.111954
- Liu, E.F., Shen, J., Zhu, Y., Xia, W.L., Zhu, G.W., 2004. Source analysis of heavy metals in surface sediments of Lake Taihu. *J. Lake Sci.* 16 (2), 114–120
- Lusiyana, Aji A. A., Herda D. 2021. Pengaruh Aktivitas Manusia terhadap Beban Pencemaran Sub DAS Sungai Rengas, Kalimantan Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 9(2): 90-100
- Ma`rifah A, Aries D. Agus, S. 2016. Karakteristik dan pengaruh arus terhadap logam berat timbal (Pb) pada sedimen di Perairan Kalianget Kabupaten Sumenep. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan Universitas Trunojoyo Madura*, 82-88
- Masluhah, L. 2013. Hubungan antara konsentrasu logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan bahan organik dan ukuran butir dalam sedimen di estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Oseanografi Marina*. Vol. 2, Hal: 55-62.

- Muller G, 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal*, Vol. 2, Hal: 108-118.
- Mulyaningsih Th., R., Suprapti, S. 2014. Penaksiran kontaminasi logam berat dan kualitas sedimen Sungai Cimadur, Banten. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra*, Vol. 18(1): Hal: 11-21.
- Nadia, N., Rudiyanti, S., Haeruddin, H. 2017. Sebaran spasial logam berat Pb dan Cd pada kolom air dan sedimen di perairan Muara Cisadane, Banten. *Jurnal of Maquares*, Vol. 6(4), Hal: 455–462.
- Nisa, K., Nasution, Z., Ramija, K/ EL. 2015. Studi kualitas perairan sebagai alternatif pengembangan budidaya ikan di Sungai Keureuto Kecamatan Lloksukon Kabupaten Aceh Utara Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. *Jurnal Aquacostmarine*, Vol. 10 (5), Hal: 1-15.
- Pasingi, N., Pratiwi, N. TM., dan Krisanti, M. 2014. Kualitas perairan Sungai Cileungsi bagian Hulu Berdasarkan kondisi fisik-kimia. *Depik*, Vol 3(1), Hal: 56-64.
- Perkin-Elmer Corporation. 1996. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*. USA. Perkin Elmer.
- Prabowo, Purwanto, R. Henna, R. S. 2016. Akumulasi Kadmium (Cd) pada ikan nilam sebagai bioindikator pencemaran logam berat di Kaligarang. *MEDIAGRO*, Vol. 8(2):, Hal: 1-7.
- Raj, S., Jee, P.K., Panda, C.R. 2013. Textural and heavy metal distribution in sediments of Mahanadi Estuary, East Coast of India. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, Vol. 42(3), Hal: 370-374.
- Rayyan M. F., Defri Y, Syarifah H. J. 2019. Health risk assesments of healty metals of *Perna viridis* from Banyuurip Waters in Ujung Pangkah, Gresik. *Journal of Fisheries and Marine*, Vol. 3(2), Hal: 135-143.
- Santos, I. R., Silva-Filho E. V., Schaefer C. E., Albuquerque-Filho, M. R. and Campos, L. S. 2005. Heavy metals contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island. *Mar. Poll. Bull.*, Vol. 50, Hal: 85-194.
- Sarjono, A. 2009. Analisis kandungan logam berat Cd, Pb, dan Hg pada air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara. (*Skripsi*) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor.
- Siregar A. S., Isdy, S., Norman A. P., 2020. Heavy metal contamination in water, sedimens and *Planiliza subviridis* tissue in the Donan River, Indonesia. *Journal of Water and Land Develpoment*, Vol. 45(IV-VI), Hal: 157-164.
- Sitompul R. M, Ternala Alexander Barus, T., A., Ilyas, S. 2013. Ikan batak (*Neolissochillus sumatranus*) sebagai bioindikator pencemaran logam berat timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) di Perairan Sungai Asahan Sumatera Utara. *J Biosains Unimed*, Vol. 1(2), Hal: 67-76.
- SNI (Standar Nasional Indonesia). 2009. Air dan Air Limbah. Bagian Air Limbah 15: *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Refluks Terbuka dengan Terbuka Secara Titrimetri*
- Song, B., Lei, M., Chen, T., Zheng, Y., Xie, Y., Li, X., Gao, D. 2009. Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the general population in Beijing, China. *Journal of Environmental Sciences. The Research Centre for Eco Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences*, Vol. 21(12), Hal: 1702–1709.
- Sophia, S and Milton, M. C. J. 2017. Bioaccumulation of heavy metals in biota of Adyar Estuary, Chennai, India. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, Vol. 12(11), Hal: 1831-1840.
- Suryani A, Kukuh N, Daniel, D. 2018. Akumulasi logam berat (timbal dan tembaga) pada air, sedimen dan ikan bandeng (*Chanos chanos Forsskal, 1775*) di pertambakan ikan bandeng Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kota Semarang. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, Vol. 8(3), Hal: 271-278.
- Sutanto, A. dan Purwasih. 2012. Analisis kualitas perairan Sungai Raman Desa Pujodadi Trimurjo. *BIOEDUKASI*, Vol. 3(2), Hal: 1-9.

- Syakti, D. A., N. V. Hidayati, dan A.S. Siregar. 2012. *Agen Pencemar Laut*. IPB Press, Bogor.
- Szmytkiewicz, A., Zalewska, T., 2014. Sediment deposition and accumulation rates determined by sediment trap and <sup>210</sup>Pb isotope methods in the outer Puck Bay (Baltic Sea). *Oceanologia*, Vol. 56 (1), Hal: 85–106.
- Tarigan, Z, Edward & Rozak, A. 2003. Kandungan logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam air laut dan sedimen di Muara Sungai Membramo, Papua dalam kaitannya dengan kepentingan budidaya perikanan. *Jurnal Makara Sains*, Vol. 7(3), Hal: 119-127.
- Wardhani E dan Lina A.P. 2018. Analisis kualitas sedimen Sungai Segah Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Utara. *Jurnal Rekayasa Hijau*, Vol. 2(2), Hal: 137-147.
- Yap, C. K., Cheng, W. H., Karami, A., dan Ismail, A. 2016. Health risk assessments of heavy metal exposure via consumption of marine mussels collected from anthropogenic sites. *Science of the Total Environment*, Vol. 55, Hal: 285–296.
- Yudo S. 2006. Kondisi pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *JAI*, Vol. 2(1), Hal: 1-15.