


Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) pada Sedimen dan Akar Mangrove *Avicennia marina* di Wilayah Ekosistem Mangrove Wonorejo Surabaya

Analysis of Chromium (Cr) Heavy Metal Content in Sediments and Mangrove Roots *Avicennia marina* in the Wonorejo Mangrove Ecosystem Area Surabaya

Choirul Garin Pratama¹, Prayogo^{2*} , dan Wahyu Isoni² 

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

²Departemen Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Article Info

Received: 2024-08-12

Revised: 2025-02-26

Accepted: 2025-02-27

Online: 2025-02-28

Koresponding:

Prayogo, Departemen Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

E-mail:

prayogo@fpk.unair.ac.id

Abstrak

Area mangrove di Wonorejo cukup luas dan sumber air dari berbagai area yang berpotensi sebagai sumber logam kromium (Cr). Salah satu spesies mangrove yang ada di area ini adalah *Avicennia marina*. *Avicennia marina* berperan penting dalam menurunkan pencemaran. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian untuk menganalisis kandungan logam kromium dalam sedimen dan akar mangrove di area Wonorejo. Penelitian ini secara deskriptif dengan tahapan eksplorasi, observasi, dan analisis yaitu melakukan eksplorasi dan mengamati *A. marina*, mengambil sampel di lapangan (area penelitian) dan menganalisis sampel di laboratorium. Subjek penelitian ini adalah akar dan sedimen *A. marina* yang diambil dari dua stasiun dengan tiga titik berbeda dengan cara penentuan lokasi dengan metode acak terpilih (*Purposive Random Sampling*). Kadar Cr di akar dan sedimen diuji dengan menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Data kadar Cr akar dan sedimen dianalisis menggunakan deskriptif kuantitatif dan menganalisis kualitas sedimen dan akar *A. marina* di ekosistem mangrove dengan nilai batas aman. Hasil dari penelitian ini adalah: 1) Kandungan Cr pada sedimen di Sungai Jagir paling tinggi sebesar 1 mg/kg sedangkan di Sungai Afur paling tinggi sebesar 0,82 mg/kg, 2) Kandungan Cr di akar *A. marina* di Sungai Jagir paling tinggi sebesar 2,8 mg/kg, sedangkan di Sungai Afur paling tinggi sebesar 2,5 mg/kg, dan 3) Kandungan Cr pada sedimen dan akar *A. marina* telah melebihi ambang batas aman untuk sedimen 2,5 mg/kg dan akar 0,05 mg/kg.

Kata kunci: Akar, *Avicennia marina*, logam berat, mangrove, sedimen

Abstract

The mangrove area in Wonorejo is quite large and water sources from various areas have the potential to be sources of chromium. One of the mangrove species in this area is *Avicennia marina*. *Avicennia marina* plays an important role in reducing pollution. Based on this, a study was conducted to analyze the chromium content in sediment and roots of mangrove *A. marina* in the Wonorejo area. This study was descriptive with the stages of exploration, observation, and analysis, namely exploring and observing *A. marina*, taking samples in the field and analyzing samples in the laboratory. The subjects of this study were the roots and sediments of *A. marina* taken from two stations with three different points by determining the location using purposive random sampling. The chromium levels in the roots and sediments were tested using the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) method. The data on Cr levels in roots and sediments were analyzed using quantitative descriptive statistics and analyzing the quality of sediments and roots of *A. marina* in the mangrove ecosystem with safe limit values. The results of this study are: 1) The Cr content in the sediment in the Jagir River was the highest at 1 mg/kg, while in the Afur River the highest was 0.82 mg/kg, 2) The Cr content in the roots of *A. marina* in the Jagir River is the highest at 2.8 mg/kg, while in the Afur River the highest is 2.5 mg/kg, and 3) The Cr content in the sediment has exceeded the safe threshold of 2.5 mg/kg and the Cr content in the roots has also exceeded the safe threshold of 0.05 mg/kg.

Key words: Roots, *Avicennia marina*, heavy metals, mangrove, sediment

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sekitar 17.500 pulau dengan panjang garis pantai sekitar 81.000 km, sehingga potensi sumber daya wilayah pesisir laut sangat besar. Salah satu ekosistem pesisir laut adalah hutan mangrove yang memiliki tiga fungsi utama yaitu fungsi fisik, ekologis, dan ekonomis (Romimohtarto, 2001). Hutan mangrove merupakan hutan yang tumbuh terutama pada tanah lumpuraluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut dan air sungai (Sumiono *et al.*, 1991). Kualitas air laut dan air sungai sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia, yaitu dampak positif bagi pembangunan dan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan (Dhokhikah and Trihadiningrum, 2012). Jumlah produksi limbah terus meningkat seiring dengan peningkatan penduduk, termasuk di kota Surabaya. Penduduk kota Surabaya saat ini 3.095.026 jiwa (Dispendukcapil, 2020). Peningkatan jumlah penduduk ini dibandingkan dengan tahun sebelumnya dan akan menyebabkan, antara lain pencemaran, gangguan kesehatan, pemanasan global, dan lain-lain (Koller, 2013). Salah satu produksi limbah yang dihasilkan dari aktivitas penduduk adalah logam berat.

Logam berat bersifat toksik, dalam perairan akan mengalami proses pengendapan dan terakumulasi dalam

sedimen, terakumulasi dalam tubuh biota laut dalam perairan, melalui rantai makanan dan akhirnya akan sampai pada manusia dan dikenal sebagai bioakumulasi atau biomagnifikasi (Amriani, 2011). Ada beberapa jenis logam berat, antara lain merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), dan lain-lain. Kromium merupakan logam berat yang sangat berbahaya bagi tumbuhan dan hewan yang hidup dalam ekosistem perairan, termasuk manusia yang mengkonsumsi biota tersebut bahkan dapat memicu kematian (Suprpti, 2008).

Limbah yang mengandung elemen Cr secara umum berasal dari limbah industri cat, penyamakan kulit, dan beberapa limbah industri cair lainnya (Palar, 2008). Manusia yang keracunan Cr konsentrasi tinggi, dapat mengakibatkan gejala mual, sakit perut, kurang kencing, dan koma. Apabila kontak dengan kulit, maka dapat menyebabkan dermatitis dan kanker (Asmadi *et al.*, 2009). Bagi organisme akuatik, efek dari Cr dapat menyebabkan terganggunya metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim secara fisiologis, kromium dapat menumpuk dalam tubuh dan bersifat kronis yang akhirnya mengakibatkan kematian (Palar, 2008).

Pada umumnya akumulasi logam pada tumbuhan mangrove tertinggi pada akar dan diikuti oleh daun dan batang

(Aminullah *et al.*, 2015). Material polutan logam berat yang dapat diserap oleh akar mangrove adalah merkuri (Hg), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), timbal (Pb), zink (Zn), chrom (Cr), and nikel (Ni) dalam sedimen dan perairan (Hamzah and Setiawan, 2010). Oleh karena itu mangrove dapat digunakan sebagai absorber material polutan Cr.

Area Wonorejo merupakan area mangrove yang cukup luas dan adanya berbagai aktivitas dan sumber air dari berbagai area di area ini berpotensi sebagai sumber logam Cr. Salah satu jenis mangrove yang ada di area ini adalah *A. marina*. *Avicennia marina* memiliki peranan penting dalam mencegah terjadinya kerusakan ekosistem, salah satunya dari pencemaran. Khususnya *A. marina* memiliki peranan penting dalam menentukan kemampuan ekosistem dalam mengikat logam berat yang masuk (Hastuti, 2015).

2. Material dan Metode

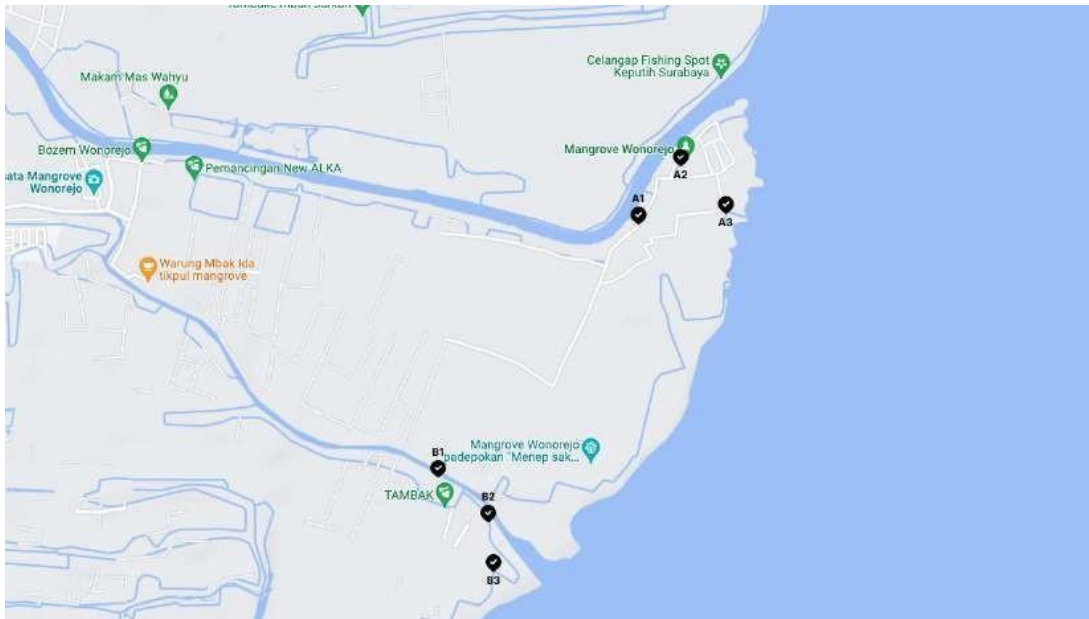
Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober-Desember 2021 di Sungai Jagir dan Sungai Afur kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel akar dan sedimen tanah mangrove yang didapatkan dari wilayah ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya. Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan sampel sedimen tanah mangrove antara lain sekop, plastik ukuran 500 gram, kertas label, spidol, karet gelang, kantong plastik hitam, gunting dan pisau, timbangan dan kamera digital. Alat yang digunakan dalam mengukur pH tanah menggunakan *soil tester*, sedangkan untuk mengetahui suhu tanah menggunakan termometer tanah.

Metode penelitian digunakan untuk memecahkan suatu masalah yang dapat dilakukan dengan pengumpulan data melalui pengamatan, survei, ataupun melalui percobaan (Kusriningrum, 2010). Metode penelitian yang digunakan dalam

penelitian ini adalah metode deskriptif, yakni metode yang ditujukan untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian melalui pencarian fakta dengan interpretasi yang tepat. Metode deskriptif yang digunakan yakni metode survei lapangan dengan pengambilan sampel.

Tahap Observasi Lapangan

Sebelum mengadakan pengumpulan data, dilakukan pengamatan lapangan yang meliputi keseluruhan wilayah ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya dengan tujuan untuk melihat secara umum keadaan dan kondisi daerah setempat. Selanjutnya dilakukan pembagian daerah pengamatan menjadi enam titik pada wilayah pengamatan, yaitu di wilayah ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya yang ditunjukkan pada Gambar 1. Wilayah pertama diberi simbol A (Sungai Jagir) dan wilayah kedua diberi simbol B (Sungai Afur). Wilayah pertama dan kedua masing-masing memiliki lima titik dengan penyebutan A1, A2, A3 dan B1, B2, B3 (Gambar 1). Pengambilan lokasi titik-titik ini didasarkan atas titik terdekat dengan kawasan ekowisata Sungai jagir, pemukiman, pertambakan (wilayah pertama) dan titik terdekat dengan kawasan ekowisata Sungai Afur dan pertambakan (wilayah kedua). Pada wilayah pertama titik A1 berdekatan dengan pemukiman penduduk dan daerah ekowisata, titik A2 berbatasan langsung dengan area pertambakan, titik A3 berdekatan dengan muara dan berbatasan langsung dengan laut. Jarak rata-rata tiap titik yaitu 100- 300 meter. Pada wilayah kedua titik B1 berbatasan langsung dengan area ekowisata, titik B2 berbatasan langsung dengan area pertambakan, titik B3 terletak di muara, berbatasan langsung dengan laut dan merupakan salah satu area ekowisata. Setelah tahap observasi kemudian pada setiap titik dilakukan pengambilan sampel sedimen tanah dan akar mangrove.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo. Sumber: <http://www.maps.google.com>. Diakses pada tanggal 13 Juni 2020.

Sungai Jagir

Titik B1	: 7°18'43.45"S - 112°49'23.51"T	(berdekatan dengan pemukiman)
Titik B2	: 7°18'50.81"S - 112°49'34.14"T	(berbatasan dengan tambak)
Titik B3	: 7°19'0.99"S - 112°49'42.35"T	(berdekatan dengan muara/laut)

Sungai Afur

Titik A1	: 7°18'22.88"S - 112°50'36.28"T	(berdekatan dengan ekowisata)
Titik A2	: 7°18'21.50"S - 112°50'38.45"T	(berbatasan dengan tambak)
Titik A3	: 7°18'25.52"S - 112°50'43.12"T	(berdekatan dengan muara/laut)

Prosedur Kerja Pengambilan dan Pengujian Sampel

Sampel diambil dari wilayah ekowisata mangrove Wonorejo adalah sedimen tanah dan akar mangrove. Sedimen tanah dan akar mangrove diambil secara langsung berdasarkan kelompok area pengambilan sampel, terhitung mulai dari aliran sungai Afur

kawasan ekowisata mangrove Wonorejo (titik B1, B2, dan B3) dan aliran sungai Jagir kawasan ekowisata mangrove Wonorejo (titik A1, A2, dan A3) yang tergambar pada Gambar 1. Sampel pada setiap titik diambil secara acak (random). Sampel sedimen yang diambil sebanyak ± 300 gram setiap titik dengan menggunakan sekop, sedangkan sampel akar diambil sebanyak ± 50 gram secara manual. Pengambilan sampel sedimen dan akar dilakukan saat air sedang surut.

Sampel tanah yang digunakan adalah sedimen tanah mangrove yang teroksidasi (5 cm di permukaan sedimen lebih dalam), sedangkan sampel akar yang digunakan adalah akar nafas berwarna hijau keabuan pada bagian dasar dari pohon mangrove. Setiap tempat dilakukan pengambilan sampel sebanyak satu kali. Sampel hasil pengambilan disimpan dalam plastik dan diberi tanda nomer sampel berdasarkan lokasi pengambilan sampel. Sampel As untuk sampel sedimen, dan Ak untuk sampel akar. Sampel yang telah diambil kemudian dianalisis di Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya, dan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga Surabaya untuk mengetahui jumlah kandungan logam berat kromium pada sampel.

Parameter Penelitian

Parameter utama yang diamati adalah kandungan logam berat kromium pada sedimen dan akar mangrove. Parameter pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH tanah, suhu, dan salinitas.

Analisa Data

Data penelitian berupa kadar kromium pada sedimen dan akar dianalisis menggunakan statistik deskriptif dengan penyajian data kandungan logam berat kromium pada setiap titik area pengambilan sampel sedimen tanah dan akar mangrove dari wilayah ekosistem mangrove Wonorejo Kota Surabaya.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Kandungan Cr pada Sedimen *A. marina*

Pengambilan sampel sedimen dilakukan 6 kali pada setiap titik lokasi menggunakan bor sampel sedimen dengan perbedaan jarak pengambilan sekitar 100-300 meter pada setiap titik lokasi. Sampel sedimen diambil sebanyak 50 gram lalu diuji pada laboratorium menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Data kandungan kromium yang telah diambil dari kawasan ekowisata mangrove Wonorejo, Surabaya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji kadar kromium (Cr) pada sedimen *A. marina*

Kode Sampel (Sungai Jagir)	Rata-rata Cr (mg/kg)	Kode Sampel (Sungai Afur)	Rata-rata Cr (mg/kg)	Standar Baku Cr di Sedimen
A1	1	B1	0,82	2,5 mg/kg*
A2	0,8	B2	0,75	
A3	0,7	B3	0,6	

*Twardy *et al.* (1995).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada Sungai Jagir dan Sungai Afur kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya diperoleh data perbedaan kandungan logam berat kromium pada sampel sedimen. Hasil uji kandungan kromium pada sampel sedimen yang diambil dari dua wilayah tersebut berkisar antara 0,7-1,0 mg/kg dan 0,6-0,82 mg/kg. Kandungan kromium tertinggi pada dua sungai tersebut terletak pada A1 (1 mg/kg), sedangkan kandungan kromium terendah terletak pada B3 (0,6 mg/kg).

Kandungan Cr pada Akar *A. marina*

Pengambilan sampel akar *A. marina* dilakukan 1 kali pada setiap titik lokasi dengan cara dipotong bagian paling bawah atau dipotong dengan perbedaan jarak pengambilan sampel sekitar 100-300 meter pada setiap titik lokasi. Sampel akar *A. marina* diambil sebanyak 50 gram lalu diuji pada laboratorium menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Data kandungan kromium yang telah diambil dari kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji kadar kromium (Cr) pada akar *A. Marina*

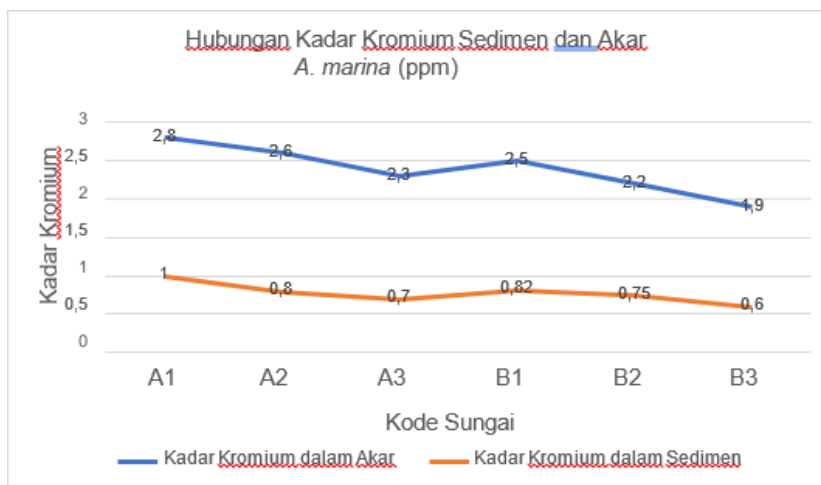
Kode Sampel (Sungai Jagir)	Rata-rata Cr (mg/kg)	Kode Sampel (Sungai Jagir)	Rata-rata Cr (mg/kg)	Standar Baku Cr di Akar
A1	2,8	B1	2,5	0,05 mg/kg*
A2	2,6	B2	2,2	
A3	2,3	B3	1,9	

*Widyasari *et al.*, 2023

Hasil uji kandungan kromium pada sampel akar *A. marina* yang diambil dari Sungai Jagir dan Sungai Afur kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya berkisar antara 2,3-2,8 mg/kg dan 1,9-2,5. Kandungan kromium tertinggi pada dua sungai tersebut terletak pada A1 (2,8 mg/kg), sedangkan kandungan kromium terendah terletak pada B3 (1,9 mg/kg).

Hubungan Kandungan Kromium pada Sedimen dan Akar *A. marina*

Tumbuhan *A. marina* mampu mengabsorpsi logam berat yang ada di sedimen dan mengakumulasi sebagian kromium dalam akar tumbuhan. Semakin tinggi kadar logam berat dalam sedimen terdapat kecenderungan semakin tinggi pula kadar logam dalam akar tumbuhan (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan kadar kromium dalam sedimen dan akar tumbuhan

Parameter Kualitas Air

Nilai parameter lingkungan setiap titik dari Sungai Jagir dan Sungai Afur kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya tidak jauh berbeda. Hasil

pengukuran parameter lingkungan pH, suhu dan salinitas yang dijadikan faktor pendukung setiap titik dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Data parameter lingkungan (pH, suhu, dan salinitas) Sungai Jagir

Kode Sampel	pH	Suhu (°C)	Salinitas
A1	6,6	28	32
A2	6,8	28	32
A3	6,8	29	33

Tabel 4. Data parameter lingkungan (pH, suhu, dan salinitas) Sungai Afur

Kode Sampel	pH	Suhu (°C)	Salinitas
B1	6,6	28	32
B2	6,6	28	32
B3	6,8	28	34

Hasil pengukuran pH di enam titik berkisar 6,6-6,8. pH tertinggi terdapat pada titik A2, A3, dan B3 (6,8), sedangkan pH terendah terdapat pada titik A1 dan B1 (6,6). Hasil pengukuran salinitas

menunjukkan salinitas berkisar antara 32-34 ppt. Salinitas tertinggi terdapat pada titik B3 (35 ppt), sedangkan Salinitas terendah terdapat pada titik A1, A2, B1, dan B2 (32 ppt). Hasil pengukuran suhu

tertinggi terdapat pada titik A3 (29°C), sedangkan suhu terendah terdapat pada titik A1 dan A2 dan B1 - B3 (28°C).

Pembahasan

Kandungan Kromium (Cr) pada Sedimen

Kandungan kromium pada sedimen di Sungai Jagir dan Sungai Afur kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya berkisar 0,6-1,0 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan kromium pada sedimen tidak melebihi ambang batas aman yaitu 2,5 ppm (Twardy *et al.*, 1995), yang berarti sedimen di perairan ini tercemar oleh kromium (Cr) namun masih dalam ambang batas aman.

Pencemaran logam berat yang masuk ke lingkungan perairan sungai akan larut dalam air dan terakumulasi dalam sedimen. Akumulasi logam berat akan bertambah setiap waktu tergantung pada kondisi lingkungan perairan (Wulan *et al.*, 2013). Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan (Yalcin *et al.*, 2008). Logam mempunyai sifat mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air (Wulan *et al.*, 2013).

Faktor utama kandungan kromium tidak melebihi ambang batas aman, diduga disebabkan Sungai Jagir dan Sungai Afur kawasan ekowisata mangrove Wonorejo merupakan aliran sungai terakhir yang menuju laut. Namun kandungan kromium yang berasal dari industri, pemukiman, dan pertambangan di Surabaya Timur mengendap lalu terakumulasi pada sedimen belum parah atau melewati batas ambang yang ditentukan. Penelitian Twardy *et al.* (1995) membuktikan bahwa sungai merupakan jalur utama transportasi logam berat. Stasiun sedimen A1 memiliki nilai yang lebih tinggi karena jaraknya yang lebih dekat dengan pemukiman, pabrik, dan sejenisnya lalu terjadi akumulasi logam berat yang cukup lama. Di wilayah Surabaya Timur, terdapat sekitar 27 industri yang membuang limbah ke aliran

Sungai Rungkut dan bermuara ke Sungai Jagir dan Sungai Afur. Menurut Yalcin *et al.*, (2008) terjadinya perbedaan konsentrasi logam antar stasiun disebabkan oleh beberapa faktor yaitu keadaan kimia tanah, kadar organik tanah, dan oksidasi-reduksi di tanah.

Ukuran partikel mempunyai peranan penting dalam tingginya kandungan kromium pada sedimen. Kandungan kromium akan semakin bertambah dengan semakin halus ukuran butiran sedimen. Partikel sedimen yang halus memiliki luas permukaan yang besar dengan kerapatan ion yang lebih stabil untuk mengikat logam daripada partikel sedimen yang lebih besar (Hastuti, 2015). Wulan *et al.* (2013), menyatakan bahwa kandungan logam berat tertinggi terdapat dalam sedimen berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan yang berupa pasir murni. Tipe sedimen yang ada di daerah mangrove Wonorejo merupakan lumpur. Lumpur mempunyai ukuran sedimen yang halus sehingga mempunyai kemampuan yang baik dalam mengikat logam dalam sedimen. Presentase kandungan lumpur yang tinggi cenderung logam yang tinggi. Hal ini yang menyebabkan konsentrasi kromium pada sedimen di kedua titik lokasi tinggi, karena tipe sedimen lumpur dapat mengikat logam lebih lama akibat gaya tarik menarik elektrokimia antara partikel sedimen dengan partikel logam.

Kandungan Cr pada Akar *A. marina*

Kandungan kromium pada akar di Sungai Jagir kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya berkisar antara 2,3-2,8 ppm. Sedangkan kandungan kromium pada sedimen di Sungai Afur kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya berkisar antara 1,9-2,5 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan kromium pada akar telah melebihi ambang batas aman yaitu 0,05 mg/kg (Widyasari *et al.*, 2023).

Dalam keadaan bebas, logam berat dapat bersifat racun dan terserap oleh biota sedangkan dalam bentuk tidak bebas dapat berikatan dengan hara, bahan organik, ataupun anorganik

lainnya. Dalam kondisi bebas kromium dapat terkontaminasi ke dalam jaringan mangrove yang telah terserap melalui akar. Konsentrasi logam berat yang tinggi tidak berpengaruh terhadap kesehatan vegetasi mangrove (Ramos e Silva *et al.*, 2006).

Kandungan kromium pada akar *A. marina* di Sungai Jagir dan Sungai Afur telah melebihi ambang batas aman. Kandungan kromium yang tinggi diduga disebabkan oleh banyaknya sumber pencemar di perairan dan mengendap di sedimen yang akhirnya terserap oleh jaringan mangrove melalui akar. Akar merupakan awal masuknya logam ke dalam jaringan tubuh mangrove. Ramos e Silva *et al.* (2006) berpendapat bahwa logam berat dalam sedimen dan air dapat dengan cepat diserap oleh tumbuhan, walaupun berada pada konsentrasi yang sangat rendah. Mekanisme penyerapan logam berat pada *A. marina* adalah logam berat harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) lalu didistribusikan ke setiap jaringan. Menurut Poedjirahajoe *et al.* (2017), secara umum tumbuhan melakukan penyerapan oleh jaringan akar, baik yang berasal dari sedimen maupun air, kemudian terjadi translokasi ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi dan penimbunan logam pada jaringan tertentu. Lokalisasi kromium pada *A. marina* terdapat pada akar yang menyebabkan kandungan logam berat kromium tinggi.

Avicennia marina memiliki ketahanan dalam menyerap logam. Berdasarkan mekanisme fisiologis *A. marina* secara aktif mengurangi penyerapan logam ketika konsentrasi logam di sedimen tinggi (Maslukah, 20013). Penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah terbatas. Hal ini sesuai dengan keadaan di semua stasiun dimana konsentrasi logam kromium di akar lebih rendah daripada konsentrasi logam kromium di sedimen hampir semua stasiun. Hal ini menyebabkan konsentrasi kromium pada sedimen dapat mempengaruhi tinggi-rendahnya konsentrasi kromium di akar.

Kandungan logam berat kromium pada akar *A. marina* yang semakin rendah

dari titik lokasi awal hingga titik lokasi akhir pengambilan sampel menunjukkan fungsi mangrove sebagai pereduksi pencemaran logam berat. *Avicennia marina* mempunyai mekanisme menghadapi konsentrasi polutan yang tinggi dengan cara ameliorasi dan toleransi. Ameliorasi yaitu meminimumkan pengaruh toksin yang bisa dilakukan dengan melokalisasi toksin pada organ tertentu sedangkan toleransi adalah pada vegetasi mangrove dilakukan dengan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik. Mekanisme inilah yang menyebabkan konsentrasi bahan pencemar dalam perairan *A. marina* akan berkurang (Maslukah, 20013).

Hubungan Kandungan Kromium pada Sedimen dan Akar Avicennia marina

Hubungan kandungan kromium antara sedimen dan akar *A. marina* menunjukkan besarnya kromium yang terkandung dalam sedimen diikuti dengan semakin besarnya kromium pada akar (Gambar 2). Secara deskriptif dapat dijelaskan bahwa meningkatnya kandungan kromium dalam sedimen diikuti pula dengan meningkatnya logam dalam akar *A. marina*.

Kromium yang berada dalam sedimen diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Selama penyerapan nutrien, diikuti juga dengan penyerapan ion-ion Cr dan kromium organik yang terlarut. Nutrien dan ion-ion Cr yang berasal dari media tanam akan masuk melalui akar kangkung air secara radial. Mekanisme masuknya ion Cr secara radial, dimulai dengan larutnya ion Cr bersama air menembus epidermis akar secara difusi dan osmosis. Salisbury and Ross (1995) menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi menyebabkan terjadinya perpindahan massa. Konsentrasi ion Cr yang tinggi dari media tanam berpindah ke konsentrasi yang lebih rendah di dalam jaringan kangkung air, antara lain akar. Proses inilah yang menyebabkan kandungan kromium

dalam sedimen menjadi lebih kecil daripada akar yang menyerap kromium dari sedimen.

Hubungan Logam Berat Kromium dengan Parameter Kualitas Air

Kualitas air erat hubungannya dengan tingkat pencemaran logam berat kromium pada perairan, sedimen, maupun pada akar mangrove. Logam berat kromium pada lingkungan perairan terdapat dalam bentuk bebas maupun tidak bebas. Parameter kualitas air yang dapat mempengaruhi kandungan logam berat kromium adalah pH, suhu dan salinitas.

pH mempengaruhi konsentrasi kandungan kromium yang terakumulasi pada sedimen. Sukoasih and Widiyanto (2017), menyatakan bahwa semakin rendah pH maka kandungan logam berat yang terakumulasi akan semakin tinggi. Pada Sungai Jagir, pH berkisar antara 6,6-6,8 sedangkan pH di Sungai Afur berkisar antara 6,6-6,8. Kisaran pH di Sungai Jagir lebih tinggi dibanding dengan Sungai Afur sehingga kelarutan kromium pada sedimen di Sungai Jagir lebih rendah dari Sungai Afur. Kenaikan pH menyebabkan ion-ion Cr cenderung bergeser dari bereaksi dengan ion karbonat (CO_3^{2-}) menjadi bereaksi dengan ion hidroksida (OH^-). Emilia and Suheryanto (2013), menyatakan kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH menyebabkan logam dapat berikatan dengan partikel di perairan dan mengalami deposisi yaitu logam berat sukar larut dalam air karena berada dalam bentuk partikel tersuspensi.

Suhu perairan mempengaruhi proses kelarutan logam berat yang terakumulasi ke dalam sedimen. Suhu perairan di Sungai Jagir dan Sungai Afur berkisar 28-29°C. Kandungan kromium pada Sungai Jagir dan Sungai Afur rendah pada suhu yang tinggi. Berbeda dengan penelitian Waykar *et al.* (2012) yang membuktikan bahwa peningkatan suhu perairan cenderung menaikkan akumulasi logam berat. Hal ini dapat disebabkan karena kandungan kromium direduksi oleh tumbuhan mangrove

sehingga pada titik penelitian yang mengalami kenaikan suhu kandungan kromium sudah berkurang.

Salinitas perairan mempengaruhi kelarutan logam berat yang terdapat pada perairan. Salinitas perairan di Sungai Jagir berkisar antara 32- 33 ppt sedangkan di Sungai Afur 32-34 ppt. Kisaran salinitas di Sungai Jagir yang lebih rendah dibanding dengan Sungai Afur menyebabkan kelarutan kromium pada akar *A. marina* di Sungai Jagir lebih tinggi dari Sungai Afur. Hal ini sesuai dengan penelitian Mukhtasor (2007), yang menyatakan semakin tinggi nilai salinitas maka konsentrasi logam berat pada perairan akan semakin rendah.

4. Kesimpulan

Sungai Jagir dan Sungai Afur kawasan ekowisata mangrove Wonorejo Surabaya memiliki kandungan logam berat kromium (Cr) pada akar mangrove melebihi batas ambang sedangkan pada sedimen tidak melebihi batas ambang.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi berharga dalam penelitian ini.

Kontribusi Penulis

Semua penulis telah berkontribusi pada naskah akhir. Kontribusi seluruh penulis: Choirul Garin Pratama dan Prayogo: konseptualisasi, metodologi, analisis format, penyusunan *draft* asli, penulisan *review* dan *editing*. Wahyu Isroni: menulis *review* dan mengedit. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.

Konflik Kepentingan

Penulis tidak memiliki konflik kepentingan terkait penelitian ini.

Pendanaan

Penelitian ini menggunakan dana mandiri.

Daftar Pustaka

- Aminullah, Rachmadiarti, F., & Trimulyono, G. (2015). Isolasi dan karakterisasi rhizobakteri pada akar *Rhizopoda mucronata* yang terpapar logam berat kromium (Cr). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 4(1):43-49.
- Amriani. (2011). Bioakumulasi logam berat kromium (Cr) dan seng (Zn) pada kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang bakau (*Polymesoda bengalensis*) di Perairan Teluk Kendari. Tesis. Semarang: Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Asmadi, A., Endro, S., & Oktiawan, W. (2009). Pengurangan chrom (Cr) dalam limbah cair industri kulit pada proses tannery menggunakan senyawa alkali Ca(OH)₂, NaOH, dan NaHCO₃ (Studi kasus PT Trimulyo Kencana Mas Semarang). *Jurnal Air Indonesia*, 5(1):41-54.
- Dhokhikah, Y., & Trihadiningrum, Y. (2012). Solid waste management in Asian developing countries: Challenges and oppurtunities. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 2(7):329-335.
- Dispendukcapil. (2020). Profil perkembangan kependudukan Kota Surabaya 2019. Surabaya: Dinas Kependudukan dan Pencacatan Sipil Kota Surabaya.
- Emilia, I., & Suheryanto. (2013). Distribusi logam kadmium dalam air dan sedimen di Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Penelitian Sains*, 16(2):59-64.
- Hamzah, F., & Setiawan, A. (2010). Accumulation of heavy metal Pb, Cu, and Zn in mangrove in Muara Angke, North Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(2):41-52.
- Hastuti, D. (2015). Pengaruh spesifik kelimpahan *A. marina* terhadap konsentrasi kadmium (Cd) dalam sedimen di Wilayah Pesisir Demak. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 23(1):9-16.
- Koller, H. (2013). Waste and climate change the contribution of waste management to reduce greenhouse gas emissions. *Journal of Development Management*, 1(1):1-2.
- Kusriningrum. (2010). Perancangan percobaan. Surabaya: Airlangga University Press.
- Maslukah, L. (2013). Hubungan antara konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan bahan organik dan ukuran butir dalam sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 2(3):55-62.
- Mukhtasor. (2007). Pencemaran pesisir dan laut. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Palar, H. (2008). Pencemaran dan toksikologi logam berat. Jakarta: PT. Reneka Cipta.
- Poedjirahardjo, E., Marsono, D. & Wardhani, F. K. (2017). Penggunaan principal component analysis dalam distribusi spasial vegetasi mangrove di Pantai Utara Pemalang. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11(1):29-42.
- Ramos e Silva, C. A., da Silva, A. P., & de Oliveira, S. R. (2006). Concentration, stock and transport rate of heavy metal in a tropical red mangrove. *Marine Chemistry*, 99(1-4):2-11.
- Romimohtarto, K. S. J. (2001). Biologi laut (Ilmu pengetahuan tentang biota laut). Jakarta: Penerbit Jambatan.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). Fisiologi tumbuhan. Jilid III. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sukoasih, A., & Widiyanto, T. (2017). Hubungan antara suhu, pH, dan berbagai variasi jarak dengan

- kadar timbal (Pb) pada badan air Sungai Rompong dan air Sumur Gali industri batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. *Buletin Kesehatan Lingkungan Masyarakat*, 36(4):360-368.
- Sumiono, B., Wasilun, D. & Nugroho. (1991). Evaluasi produktivitas lingkungan perairan laut bagi perencanaan tata ruang perikanan laut di Kalimantan Barat. Jakarta: Prosiding Puslitbangkan.
- Suprapti, N. H. (2008). Kandungan chromium pada sedimen dan kerang darah (*Anadara granosa*) di wilayah pantai sekitar muara Sungai Sayung, Desa Morosari, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Bioma Journal*, 10(2):53-56.
- Twardy, A. G., Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup Indonesia, Dalhousie University, School for Resource and Environmental Studies, & Environmental Management Development in Indonesia Project. (1995). Soil quality standards for Indonesia. Halifax, N. S.: School of Resource and Environmental Studies, Dalhousie University.
- Waykar, B. & Deshmukh, G. (2012). Evaluation of bivalves as bioindicators of metal pollution in freshwater. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(1):48-53.
- Widyasari, N. L., Rai, I. N., Dharma, I. G. B. S., & Mahendra, M. S. (2023). Analisis kandungan logam berat Pb, Cu, Cd, Cr pada tanaman padi dan jagung yang sistem pengairannya berasal dari Sungai Badung. *Ecotrophic Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2):165-173.
- Wulan, S. P., Thamrin & Amin, B. (2013). Konsentrasi, distribusi dan korelasi logam berat Pb, Cr dan Zn pada air dan sedimen di Perairan Sungai Siak sekitar dermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang-Provinsi Riau. *Jurnal Kajian Lingkungan*, 1(1):72-92.
- Yalcin, M. G., Narin, I., & Soylak, M. (2008). Multivariate analysis of heavy metal contents of sediments from Gumusler Creek, Nigde, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 54(6):1155-1163.