

---

---

## **Dinamika Salinitas dan Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) di Ekosistem Mangrove: Studi Kasus di Mangunharjo, Semarang**

Sarah Fatimah Nahdah<sup>1</sup>, Eko Hartini<sup>1</sup>, Alvi Eka Mentari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan, Universitas Dian Nuswantoro

Dikirim : 01/02/2025  
Diterima : 03/02/2025  
Direvisi : 13/02/2025

---

### **ABSTRACT**

*Cadmium (Cd) is a hazardous pollutant commonly found in surface waters from industrial discharges, agricultural runoff, and various anthropogenic activities. Mangunharjo Beach, located in Mangunharjo Village, Tugu District, Semarang City, Central Java, is a coastal area characterized by mangrove vegetation, which plays a crucial role in absorbing heavy metals from the aquatic environment. This study aims to assess the concentration of cadmium in seawater and its accumulation in mangrove plant tissues. The research employed an observational design, with seawater and mangrove leaf samples collected from three designated sampling points along the Mangunharjo coast. Salinity levels were measured using a salinity meter, and cadmium concentrations were analyzed using Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). The results revealed that the highest cadmium concentrations in seawater and mangrove leaves were 0.328 mg/L and 0.197 ppm, respectively. Salinity was found to have no significant influence on cadmium levels in either medium. However, elevated cadmium concentrations in seawater were associated with increased cadmium accumulation in mangrove tissues. Notably, the cadmium concentration in the seawater exceeded the permissible limit established by the Government Regulation of the Republic of Indonesia No. 22 of 2021, which is 0.002 mg/L. These findings underscore the urgency of conserving the local mangrove ecosystem to mitigate coastal erosion and reduce the risk of tidal flooding in Mangunharjo Village.*

*Keywords: Cadmium (Cd), seawater pollution, mangrove, ICP-OES, bioaccumulation, Mangunharjo, heavy metal contamination*

---

\*Corresponding Author: [eko.hartini@dsn.dinus.ac.id](mailto:eko.hartini@dsn.dinus.ac.id)

### **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara dengan wilayah pantai terpanjang dan memiliki laut yang sangat luas, sehingga daerahnya sangat intensif dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan yang dilakukan oleh manusia, seperti kawasan pemukiman, industri, pelabuhan, pertambakan, pertanian dan perikanan. Berbagai aktivitas tersebut menghasilkan limbah atau polutan yang akan dibuang ke sungai dan pada akhirnya bermuara ke laut lalu masuk ke badan air. Polutan yang masuk ke badan air akan mempengaruhi kualitas air di perairan tersebut. Air yang tercemar dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya apabila zat ataupun komponen lain masuk ke dalam air.<sup>1</sup>

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perairan di Semarang telah terkontaminasi dengan logam berat. Salah satu jenis logam berat yang memasuki perairan dan bersifat toksik adalah Kadmium (Cd)<sup>2</sup>. Kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat yang memiliki sifat toksik dan dapat berdampak negatif pada ekosistem perairan<sup>3</sup>. Limbah tersebut mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3), yang dapat mengancam keseimbangan ekologi dan kelangsungan hidup yang berlangsung di sekitar perairan tersebut<sup>4</sup>. Diketahui konsentrasi Cd pada rajungan di perairan tambak Mangunharjo telah melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan BPOM No. 23 tahun 2017<sup>5</sup> yaitu 0,1 mg/kg dan Peraturan Pemerintah No.22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, lampiran VIII yaitu 0,002 mg/l<sup>6</sup>. Selain itu konsentrasi Cd dalam air tambak ditemukan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan nilai Cd dalam sedimen dasar tambak yang berarti logam berat Cd cenderung banyak terdapat di kolom air<sup>7</sup>. Sehingga memungkinkan perairan pesisir Mangunharjo telah tercemar Kadmium (Cd).

Konsentrasi Cd dalam perairan dipengaruhi oleh beberapa parameter kualitas lingkungan, diantaranya yaitu suhu, pH, dan salinitas<sup>8</sup>. Toksisitas Cd akan menurun dengan adanya kenaikan salinitas, dan akan meningkat seiring dengan adanya peningkatan suhu<sup>9</sup>. Sedangkan konsentrasi Cd diketahui meningkat dengan adanya penurunan pH air<sup>10</sup>. Logam Kadmium (Cd) memiliki kemampuan untuk terakumulasi ke dalam jaringan organisme hidup, baik pada tanaman maupun hewan<sup>11</sup>. Hal tersebut dapat berdampak pada ekosistem mangrove yang ada di wilayah pesisir pantai.

Wilayah pesisir pantai di Indonesia banyak dikembangkan menjadi kawasan ekowisata sebagai bentuk upaya konservasi<sup>12</sup>. Salah satu kawasan ekowisata di pesisir pulau Jawa adalah Pantai Mangunharjo berada di Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah. Kelurahan Mangunharjo sendiri adalah kawasan padat penduduk yang berdekatan wilayah dengan pertanian, pertambakan, dan aktivitas industri. Pantai Mangunharjo memiliki ombak yang landai, sehingga memungkinkan pengunjung untuk bermain air laut<sup>13</sup>.

Luas kawasan mangrove di Kelurahan Mangunharjo saat ini mencapai 60,23 hektar dari total seluruh luas mangrove di Kota Semarang. Jenis tanaman mangrove yang paling banyak ditemui di daerah ini yaitu *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Hutan mangrove dimanfaatkan sebagai sumber mata pencaharian bagi komunitas lokal, seperti nelayan, petani garam, dan pengumpul kerang. Selain itu, kawasan mangrove juga dimanfaatkan sebagai ekowisata sehingga banyak pedagang lokal di sekitar kawasan pantai.

Pencemaran air oleh Cd pada ekosistem mangrove dapat memiliki dampak serius terhadap kesehatan ekosistem dan organisme yang hidup di dalamnya. Mangrove berperan penting dalam menjaga kualitas air dan tanah, serta menyediakan habitat bagi berbagai spesies yang hidup di sana. Paparan Cd dapat mengganggu keseimbangan nutrisi dan menghambat proses biokimia dalam tanah dan sedimen. Hal ini dapat mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi tanaman mangrove serta mengurangi ketersediaan nutrisi bagi organisme yang hidup di dalamnya, sehingga menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman mangrove<sup>1</sup>.

Wilayah pesisir Mangunharjo diduga telah tercemar logam berat Kadmium (Cd) akibat aktivitas manusia di sekitarnya. Kadmium bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam jaringan mangrove, sehingga

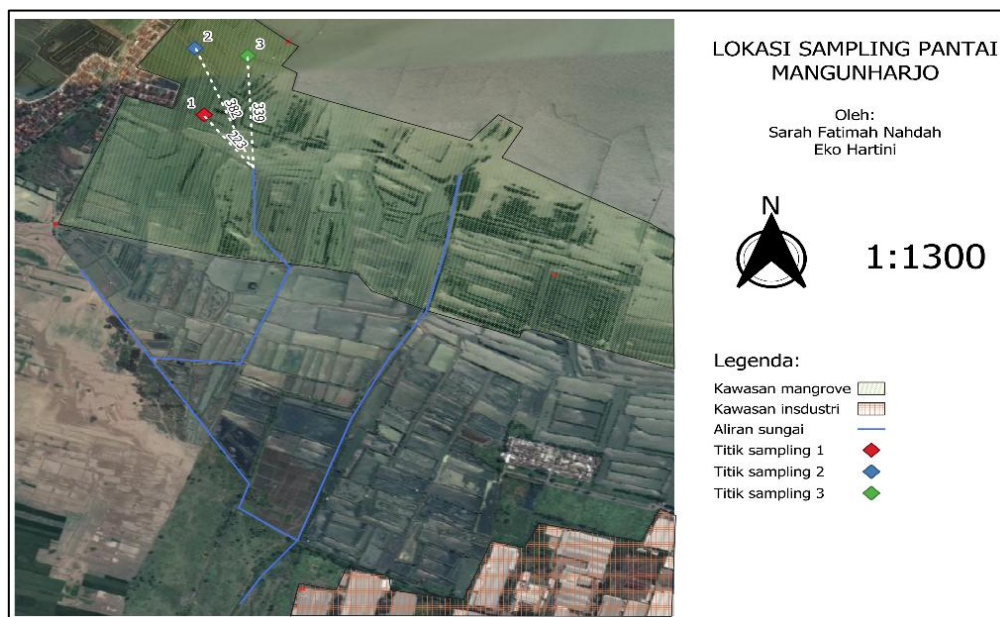
mengancam keseimbangan ekosistem. Salinitas diduga memengaruhi distribusi dan akumulasi Cd, namun pengaruhnya di wilayah ini belum diketahui secara pasti. Oleh karena itu, diperlukan kajian untuk mengetahui hubungan antara salinitas dan kadar Cd di lingkungan mangrove.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar Kadmium (Cd) di air laut dan tanaman mangrove di pesisir Mangunharjo serta menganalisis pengaruh salinitas terhadap konsentrasi logam tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar untuk evaluasi tingkat pencemaran dan upaya konservasi lingkungan mangrove secara berkelanjutan.

Selanjutnya, penelitian mengkaji secara spesifik pengaruh salinitas terhadap akumulasi Kadmium (Cd) pada ekosistem mangrove di Mangunharjo, Semarang, yang belum banyak diteliti. Studi ini juga membandingkan kadar Cd dengan baku mutu nasional untuk menilai tingkat pencemaran dan urgensi konservasi mangrove.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi observasional bersifat deskriptif yang dilengkapi dengan analisis laboratorium untuk memperoleh data mengenai kondisi kualitas air laut serta karakteristik tanaman mangrove di kawasan pesisir Pantai Mangunharjo, Kota Semarang, Jawa Tengah. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengukur konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) dan menganalisis pengaruh salinitas terhadap akumulasi Cd dalam air laut dan tanaman mangrove. (Gambar 1).



*Gambar 1. Lokasi Sampling Air Laut dan Tanaman Mangrove di Pantai Mangunharjo*

### A. Koordinat Titik Sampling di Kawasan Mangrove Pantai Mangunharjo

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan pesisir Pantai Mangunharjo, Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang, yang merupakan bagian dari zona ekosistem mangrove pesisir utara Pulau Jawa. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik lokasi yang dipilih berdasarkan gradien jarak dari muara sungai ke arah timur laut, guna mengevaluasi pengaruh spasial terhadap konsentrasi logam berat kadmium

(Cd) dan salinitas air laut. Penentuan lokasi titik sampling dilakukan melalui pendekatan spasial berbasis citra satelit dengan mempertimbangkan distribusi aliran sungai dan tutupan vegetasi mangrove. Titik 1 terletak paling dekat dengan muara sungai dan diperkirakan memiliki tingkat paparan polutan tertinggi, dengan estimasi koordinat -6.95676 LS dan 110.31347 BT. Titik 2, yang berada sekitar 100–150 meter dari muara, memiliki estimasi koordinat -6.95750 LS dan 110.31450 BT, sedangkan Titik 3 yang berjarak sekitar 250–300 meter dari muara memiliki koordinat -6.95820 LS dan 110.31560 BT. Ketiga titik tersebut merepresentasikan variasi jarak terhadap potensi sumber kontaminasi dari daratan, serta digunakan untuk mengamati pola akumulasi Cd dan fluktuasi salinitas di sepanjang transek pesisir. Estimasi koordinat ini diperoleh dari analisis visual peta dan citra satelit, dan berfungsi sebagai acuan awal identifikasi lokasi sampling. Pendekatan ini memungkinkan penelitian tidak hanya menghasilkan data kuantitatif kandungan kimia-fisik, tetapi juga memberikan pemahaman spasial yang lebih mendalam mengenai dinamika distribusi logam berat dalam ekosistem mangrove pesisir. ekologis yang lebih mendalam terhadap dinamika distribusi logam berat dalam ekosistem mangrove.

## **B. Prosedur Analisis Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Salinitas pada Sampel Air Laut dan Daun Mangrove**

Pencemaran logam berat seperti kadmium (Cd) di wilayah pesisir menjadi isu penting karena dampaknya terhadap ekosistem laut dan kesehatan biota. Mangrove diketahui berfungsi sebagai bioindikator yang efektif dalam mendeteksi akumulasi logam berat karena kemampuannya menyerap dan menyimpan logam dari lingkungan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur konsentrasi Cd pada air laut dan daun mangrove serta mengkaji salinitas sebagai faktor lingkungan yang berpotensi memengaruhi akumulasi logam berat di ekosistem pesisir Pantai Mangunharjo, Kota Semarang. Analisis dilakukan menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) dengan tahapan prosedur sebagai berikut:

### **1. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di kawasan pesisir Pantai Mangunharjo, Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah. Tiga titik pengambilan sampel ditentukan berdasarkan jarak dari muara sungai, yaitu titik 1 (terdekat), titik 2 (menengah), dan titik 3 (terjauh), guna membandingkan pengaruh jarak dan salinitas terhadap akumulasi Cd. Dokumentasi lokasi ditampilkan pada Gambar 1.

### **2. Jenis dan Teknik Pengambilan Sampel**

Sampel yang dikumpulkan terdiri dari air laut dan daun tanaman mangrove. Air laut diambil sebanyak 1 liter per titik pada kedalaman  $\pm 1$  meter dari permukaan. Sampel daun mangrove sebanyak 5–10 helai dikoleksi dari pohon yang sehat dengan spesies dominan *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Daun diambil dari posisi yang konsisten antar titik untuk menjamin homogenitas data.

### **3. Pengukuran Salinitas**

Salinitas air laut diukur langsung di lapangan menggunakan digital salinity meter. Prosedur pengukuran dilakukan dengan meneteskan sampel air ke sensor alat, dan hasilnya dicatat dalam satuan ‰ (permil).

Salinitas merupakan parameter penting karena dapat memengaruhi kelarutan, distribusi, dan bioakumulasi logam berat dalam lingkungan laut.

#### 4. Analisis Kandungan Kadmium (Cd) Menggunakan ICP-OES

##### a) Sampel Air Laut:

Sampel air disaring jika diperlukan, lalu dianalisis menggunakan ICP-OES setelah melalui proses pelarutan sesuai prosedur standar laboratorium.

##### b) Sampel Daun Mangrove:

Daun mangrove dikeringkan, ditimbang sebanyak  $\pm 1$  gram, lalu dimasukkan ke dalam gelas piala. Selanjutnya ditambahkan campuran asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) dan asam perklorat ( $\text{HClO}_4$ ), kemudian dipanaskan pada suhu  $60\text{--}70^\circ\text{C}$  selama 2–3 jam hingga larutan menjadi jernih. Tahap ini dikenal sebagai destruksi basah, bertujuan untuk melarutkan jaringan organik dan melepaskan kandungan logam berat. Larutan hasil destruksi kemudian dianalisis menggunakan ICP-OES untuk mengukur konsentrasi Cd yang dinyatakan dalam satuan part per million (ppm)..

#### 5. Output Data dan Analisis

Hasil analisis ICP-OES memberikan data kuantitatif konsentrasi kadmium dalam dua jenis sampel: air laut (mg/L) dan daun mangrove (ppm). Nilai salinitas yang diperoleh dari setiap titik pengambilan sampel juga digunakan sebagai variabel lingkungan dalam analisis hubungan spasial dan ekologis.

Seluruh data dianalisis secara deskriptif dan komparatif. Konsentrasi Cd pada air laut dibandingkan dengan nilai ambang batas baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 (Lampiran VIII), yaitu 0,002 mg/L. Analisis juga dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara jarak lokasi sampling, nilai salinitas, dan konsentrasi Cd guna mengidentifikasi pola distribusi spasial dan potensi akumulasi logam berat pada ekosistem mangrove.

### HASIL

#### A. Kadar Salinitas dan Kadmium (Cd) dalam Air Laut di Pantai Mangunharjo

Tabel hasil uji salinitas dan Kadmium (Cd) pada air laut di Pantai Mangunharjo di bawah ini membandingkan antara baku mutu Kadmium (Cd) berdasarkan Peraturan Pemerintah No.22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, lampiran VIII yaitu 0,002 mg/l<sup>6</sup>dengan hasil uji laboratorium.

Tabel 1. Hasil Uji Salinitas dan Cd Dalam Air

Titik Sampling	Kadmium (Cd) (mg/l)	Baku mutu	Salinitas (%)	Baku mutu
1	0,328	0,002	32	alami
2	0,142		27	
3	0,187		35	

Hasil pengukuran konsentrasi Cd dilakukan pada 3 titik di kawasan Pantai Mangunharjo menunjukkan konsentrasi Cd paling besar berada pada titik 1 yaitu sebesar 0,328 mg/l dengan nilai salinitas 32‰. Dimana, pada titik ini hasil uji Kadmium telah melebihi standar baku mutu. Titik pertama merupakan wilayah pesisir yang paling dekat dengan wilayah pertanian setempat dan aktivitas industri khususnya industri pelapisan

logam dan tekstil. Penggunaan pupuk fosfat alam oleh petani berkontribusi pada adanya cemaran logam Cd di perairan. Titik kedua merupakan wilayah perairan vegetasi mangrove dan titik ketiga merupakan wilayah yang paling dekat dengan laut, sehingga memiliki nilai salinitas yang lebih tinggi dari dua titik lainnya.

### B. Kadar Salinitas dan Kadmium (Cd) Pada Tanaman Mangrove

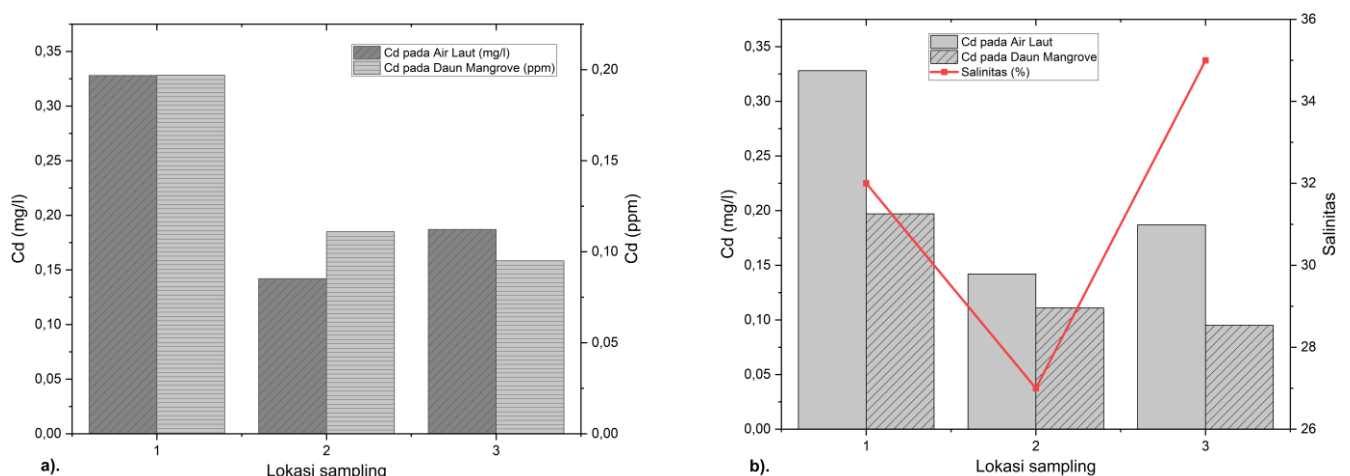
Tabel 2. Hasil pengukuran Salinitas dan Cd pada Daun Mangrove

Titik Sampling	Salinitas (%)	Kadmium (Cd) (ppm)
1	32	0,197
2	27	0,111
3	35	0,095

Pada tabel 4.2 di atas diketahui hasil pengukuran di tiga titik sampling kawasan mangrove Pantai Mangunharjo menunjukkan bahwa pada titik 2 dan 3 terukur 0,111 ppm dan 0,095 ppm dengan nilai salinitas berturut – turut 27‰ dan 35‰. Nilai – nilai ini menunjukkan bahwa salinitas berbanding terbalik dengan konsentrasi Cd. Sedangkan pada titik sampling 1 memiliki hasil pengukuran tertinggi yaitu sebesar 0,197 ppm dengan nilai salinitas 32‰.

### C. Pengaruh Jarak Muara Air dan Lokasi Sampling terhadap Kadmium (Cd) pada Air dan Tanaman Mangrove

Hasil uji salinitas dan Kadmium (Cd) pada tiga titik sampling kawasan Mangunharjo dengan jarak yang berbeda dari muara kemudian dibandingkan untuk melihat pengaruhnya.



Gambar 3: a). Grafik pengaruh jarak muara air dengan sumber cemaran terhadap Cd pada air dan tanaman mangrove; b). Grafik hubungan kandungan Cd pada air dengan Kandungan Cd pada tanaman mangrove

Berdasarkan Gambar 3.a menunjukkan hasil konsentrasi Cd paling tinggi berada pada titik 1 yang merupakan jarak terdekat dari muara air yaitu 223,4meter dari muara. Sedangkan konsentrasi Cd terendah pada air berada pada titik 2 yang terletak paling jauh dari muara yaitu 382,05 meter.

### D. Hubungan Salinitas, Kandungan Cd pada Air, dan Kandungan Cd Pada Tanaman Mangrove

Pada Gambar 3.b menunjukkan bahwa jarak 223,4 meter dari muara memiliki konsentrasi Cd pada air dan daun mangrove paling tinggi diantara tiga lokasi lainnya dengan nilai salinitas 32 % yang terletak pada titik pertama. Sedangkan pada jarak terjauh memiliki konsentrasi Cd terendah pada air yaitu sebesar 0,147

mg/l dengan salinitas 27‰. Hal tersebut menunjukkan bahwa salinitas tidak mempengaruhi konsentrasi Cd pada air maupun Cd pada daun mangrove.

## **PEMBAHASAN**

### **A. Pengaruh Jarak Muara dan Kadar Salinitas dan Lokasi Sampling terhadap Kandungan Kadmium (Cd) dalam Air Laut di Pantai Mangunharjo**

Berdasarkan tabel 1, hasil pengukuran salinitas pada air laut menunjukkan bahwa salinitas tertinggi berada pada titik sampling 3 dimana titik tersebut merupakan lokasi yang paling dekat dengan laut terbuka. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak daratan, semakin tinggi nilai salinitas air. Selain itu tingkat evaporasi air laut yang tinggi menyebabkan tingginya nilai salinitas pada air laut.<sup>16</sup> Salinitas terendah terletak di titik sampling kedua dengan nilai salinitas sebesar 27‰. Lokasi tersebut menunjukkan lebih sedikit air dan lebih dekat dengan aktivitas penduduk. Sedangkan lokasi pertama yang berdekatan dengan aktivitas pertanian memiliki nilai salinitas 32‰. Aktivitas pertanian seperti penggunaan pupuk dapat mempengaruhi konsentrasi zat hara yang kemudian mempengaruhi kualitas air tanah<sup>17</sup>, yang pada akhirnya dapat memengaruhi salinitas air laut di sekitarnya.

Hasil pengukuran Cd pada tabel 1 menunjukkan tingkat konsentrasi Cd pada air laut di Pantai Mangunharjo di titik 1 yaitu sebesar 0,328 mg/l telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No.22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lokasi titik 1 tersebut terletak dekat dengan wilayah pertanian dan aktivitas industri serta pemukiman penduduk. Kebiasaan petani menggunakan pupuk mineral untuk berbagai tanaman pertanian dapat memberikan kontribusi terhadap adanya logam Cd di perairan. Konsentrasi Cd dalam air laut dapat terakumulasi pada ekosistem mangrove di Pantai Mangunharjo. Sehingga menyebabkan akumulasi<sup>8</sup>terkontaminasinya biota laut seperti ikan, udang, kerang, dan lain – lain. Jika biota laut yang telah terkontaminasi tersebut dikonsumsi oleh manusia dalam jangka waktu tertentu akan sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia.

### **B. Pengaruh Jarak Muara dan Lokasi Sampling terhadap Kandungan Kadmium (Cd) pada Tanaman Mangrove**

Berdasarkan lokasi penelitian pada tabel 2 dan gambar 3.a menunjukkan konsentrasi Cd paling tinggi berada pada titik 1 yang merupakan lokasi terdekat dari muara air yaitu 223,4 meter. Hal tersebut menunjukkan adanya cemaran pada aliran sungai yang ada disekitar kawasan mangrove. Logam berat yang larut dalam air akan terbawa sampai ke muara dan terakumulasi sehingga konsentrasinya relatif besar karena mudah terdistribusi. Dalam penelitian di Teluk Kendari disebutkan bahwa konsentrasi logam berat di hulu sungai lebih rendah disebabkan oleh besarnya adsorpsi oleh padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi akan mengalami adsorpsi logam berat terlarut yang berkisar 15 – 83% di perairan air tawar atau sungai.

Logam berat yang larut dalam air sungai akan diserap oleh partikel halus kemudian terbawa oleh aliran sungai hingga ke muara kemudian mengendap dan mengalami proses sedimentasi.<sup>36</sup> Selain itu, muara sungai berdekatan dengan wilayah pertanian. Kandungan pupuk dapat berkontribusi pada peningkatan konsentrasi Cd dalam air, sehingga menyebabkan akumulasi tanaman mangrove oleh logam Cd meningkat. Penelitian pada Sungai Musi menyatakan bahwa konsentrasi Cd tertinggi sebesar 0,0137 mg/l yang terletak di sekitar

pelabuhan yang berjarak sekitar 100meter dari sungai<sup>18</sup> Hal tersebut dapat membuktikan bahwa jarak muara dari sumber cemaran berperan dalam meningkatnya konsentrasi dari logam berat dalam perairan. Untuk itu perlu memperhatikan jarak outlet pembuangan limbah dengan lingkungan sekitar. Sedangkan, pada titik sampling 2 dan 3, kadar Kadmium (Cd) pada tanaman mangrove memiliki kecenderungan menurun. Lokasi 2 berjarak paling jauh yaitu 382 m dari muara, sehingga lebih jauh dari aktivitas industri logam yang berada dekat Kawasan Mangunharjo.

### C. Hubungan Salinitas, Kandungan Cd pada Air, dan Kandungan Cd Pada Tanaman Mangrove

Kemampuan tanaman mangrove dalam mengakumulasi logam berat seperti Cd, Pb, Zn, dan lain – lain dalam perairan menunjukkan adanya hubungan antara kandungan Cd pada air dengan kandungan Cd<sup>8,12</sup> pada tanaman mangrove. Sifat akumulatif dari tumbuhan mangrove dapat menjadi indikator untuk menilai tingkat pencemaran di perairan pesisir<sup>19</sup>. Seperti halnya pada penelitian kandungan Pb dan Cd pada Teluk Bima yang menunjukkan konsentrasi Pb dan Cd dalam air laut di perairan muara berkisar antara  $Pb \leq 0,012-0,030$  ppm dan  $Cd \leq 0,010-0,020$  ppm. Tumbuhan mangrove menunjukkan bahwa rata – rata kandungan Cd pada daun mangrove pada spesies *Sonneratia alba* adalah 0,24 ppm dan rata rata kadar Cd pada daun *Ryzophora apiculata* adalah 0,41 ppm Pantai mangunharjo sendiri merupakan kawasan perairan laut yang dikelilingi oleh mangrove. Hal tersebut dapat berdampak pada tingkat salinitas di kawasan mangrove. Ketika salinitas meningkat, terutama di perairan laut, air menjadi lebih kaya dengan garam terlarut, terutama natrium klorida (NaCl). Ion klorida (Cl<sup>-</sup>) yang meningkat dapat berinteraksi dengan ion hidrogen (H<sup>+</sup>), yang bisa menurunkan pH air, membuatnya lebih asam<sup>16</sup>. Diketahui konsentrasi Cd dapat meningkat seiring dengan adanya penurunan pH air.

Pada tabel 1 dapat diketahui bahwa konsentrasi Cd tertinggi pada air yaitu 0,328 mg/l yang berarti titik 1 memiliki pH air lebih rendah atau asam dari titik lainnya. Kandungan pH air di lingkungan mangrove mempengaruhi ketersediaan logam berat. Pada kondisi pH rendah atau asam, logam berat cenderung lebih larut dan tersedia untuk diserap oleh tanaman mangrove, yang dapat meningkatkan akumulasi logam berat dalam jaringan tanaman<sup>8</sup>. Sebaliknya, pH yang lebih tinggi atau basa dapat menyebabkan logam berat mengendap, mengurangi ketersediaannya<sup>20</sup> Sifat logam Cd yang dapat terakumulasi pada jaringan organisme hidup, termasuk pada tanaman dan hewan, dengan karakteristik mangrove yang dapat mengikat polutan menunjukkan adanya hubungan kandungan Cd pada air dengan kandungan Cd pada tanaman mangrove. Hal tersebut dapat terlihat pada gambar 3.a dimana kandungan Cd pada air sejalan dengan adanya kandungan Cd pada daun mangrove. karena adanya kemampuan NaCl pada air laut untuk melepas ion dan mengikat Cd semakin tinggi. Tingkat pencemaran pada perairan mangrove yang telah melebihi baku mutu serta kerusakan yang terjadi pada tanaman mangrove di Kelurahan Mangunharjo mengakibatkan kurang optimalnya kemampuan mangrove dalam mengakumulasi cemaran logam berat yang ada di Pantai Mangunharjo. Oleh karena itu, diperlukan adanya konservasi mangrove untuk mengoptimalkan fungsi mangrove di Kelurahan Mangunharjo.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, seluruh tujuan penelitian dinyatakan tercapai. Penelitian berhasil mengidentifikasi kadar logam berat Kadmium (Cd) baik pada air laut maupun jaringan daun



mangrove di kawasan pesisir Pantai Mangunharjo. Konsentrasi Cd dalam air laut tertinggi tercatat sebesar 0,328 mg/L, sedangkan pada daun mangrove sebesar 0,197 ppm. Selain itu, penelitian ini juga berhasil menganalisis pengaruh salinitas terhadap konsentrasi Cd, yang menunjukkan bahwa salinitas tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar Cd dalam kedua medium tersebut. Sebaliknya, distribusi spasial dan jarak dari muara sungai terbukti memiliki hubungan yang lebih kuat terhadap akumulasi Cd, mengindikasikan adanya kontribusi dari aktivitas antropogenik di sekitar kawasan pesisir. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengetahui kadar Cd serta mengkaji pengaruh salinitas terhadap akumulasi logam tersebut dalam ekosistem mangrove telah terpenuhi secara menyeluruh.

Kebaruan pada penelitian ini terletak pada analisis hubungan antara salinitas dan akumulasi logam berat kadmium (Cd) secara spesifik pada ekosistem mangrove di kawasan pesisir Pantai Mangunharjo, Semarang, yang belum banyak diteliti sebelumnya. Selain itu, penelitian ini juga mengintegrasikan pendekatan spasial berdasarkan jarak dari muara sungai terhadap distribusi Cd, serta membandingkan hasilnya dengan baku mutu nasional (PP No. 22 Tahun 2021), sehingga memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk evaluasi tingkat pencemaran dan urgensi konservasi lingkungan mangrove secara berkelanjutan.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **A. Simpulan**

Penelitian menemukan indikasi bahwa konsentrasi tertinggi dari logam berat Kadmium (Cd) di air laut dan daun mangrove di pantai Mangunharjo 0,328 mg/l and 0,197 ppm. Tingkat salinitas dari air laut tidak mempengaruhi konsentrasi Kadmium (Cd) baik di air laut maupun pada tanaman mangrove. Namun, tingginya konsentrasi Kadmium pada air laut mempengaruhi konsentrasi cadmium pada daun mangrove. Kadar Kadmium dalam air laut di pantai Mangharjo telah melampaui standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No.22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, lampiran VIII yaitu 0,002 mg/l<sup>6</sup>.

### **B. Saran**

Pemangku kebijakan sangat perlu meningkatkan upaya pelestarian daerah pesisir pantai termasuk kawasan ekosistem mangrove dari pencemaran logam berat terutama Kadmium (Cd) dimana kawasan pesisir sangat dekat dengan kawasan industri. Upaya pelestarian kawasan pesisir pantai Mangunharjo dan ekosistem mangrove sangat penting untuk menekan abrasi pantai dan mengurangi resiko banjir rob yang akan berdampak langsung terhadap kehidupan masyarakat. Selain itu, penellitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui dampak kadar Kadmium (Cd) pada air laut terhadap biota laut sebagai sumber konsumsi.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Kesehatan Lingkungan Universitas Dian Nuswantoro atas dukungan akademik dan fasilitas penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang serta pihak laboratorium atas bantuan dalam proses analisis. Apresiasi diberikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

## **PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN**

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan secara finansial maupun non-finansial dalam pelaksanaan dan penyusunan penelitian ini

### **PERNYATAAN KODE ETIK PENELITIAN**

Penelitian ini telah dilakukan sesuai dengan prinsip-prinsip kode etik penelitian ilmiah, yang mencakup kejujuran ilmiah, integritas data, dan tanggung jawab terhadap subjek serta lingkungan. Seluruh proses pengambilan sampel dan analisis dilakukan secara transparan, tanpa rekayasa data, serta menghormati kelestarian ekosistem mangrove sebagai bagian dari objek penelitian. Tidak ada unsur plagiarisme atau pelanggaran hak cipta dalam penyusunan karya ilmiah ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Latifah M. Analisis Bakteri Coliform Pada Air Laut Kawasan Wisata Bahari Di Kecamatan Pulo Aceh. Aceh, 2019.
2. Prihati SR, Suprpto D, Rudyanti S. Kadar Logam Berat Pb, Fe, Dan Cd Yang Terkandung Dalam Jaringan Lunak Kerang Batik (*Paphia Undulata*) Dari Perairan Tambak Lorok, Semarang. *J Coast Mar* 2020; 4: 116–123. 33692-100144-1-SM.
3. Azizah R, Nuraini T, Santoso A, Et Al. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Dalam Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Dan Di Perairan Tambak Mangunharjo Semarang. 2022; 14: 439–448
4. Sulistyoo AAH, Suprijanto J, Yulianto B. Analisis Kualitas Air Dan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Laut Di Perairan Pelabuhan Tanjung Emas Kota Semarang Jawa Tengah. *J Mar Res* 2024; 13: 108–114.
5. Badan Pengawas Obat Dan Makanan, Peraturan BPOM No. 23 Tahun 2017 Tentang Batas Maksimum Logam Berat Dalam Pangan Olahan, Jakarta. 2017.
6. Badan Pengawas Obat Dan Makanan, Peraturan BPOM No. 23 Tahun 2017 Tentang Batas Maksimum Logam Berat Dalam Pangan Olahan, Jakarta. 2017.
7. Nusyura R, Azizah E, Ningsih DP, Et Al. Analisis Kadar Logamkadmium, Mangan Dan Seng Dalam Air Limbah Secara Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry. VIII.
8. Awaliyah HF, Yona D, Pratiwi DC. Akumulasi Logam Berat (Pb Dan Cu) Pada Akar Dan Daun Mangrove *Avicennia Marina* Di Sungai Lamong, Jawa Timur. *Depik* 2018; 7: 187–197.
9. Piazza V, Gambardella C, Canepa S, Et Al. Temperature And Salinity Effects On Cadmium Toxicity On Lethal And Sublethal Responses Of *Amphibalanus Amphitrite* Nauplii. *Ecotoxicol Environ Saf* 2016; 123: 8–17.
10. Shi W, Zhao X, Han Y, Et Al. Ocean Acidification Increases Cadmium Accumulation In Marine Bivalves: A Potential Threat To Seafood Safety. *Sci Rep*; 6. Epub Ahead Of Print 21 January 2016. DOI: 10.1038/Srep20197.
11. Akbar AW, Daud A, Mallongi A, Et Al. Analisis Risiko Lingkungan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Sedimen Air Laut Di Wilayah Pesisir Kota Makassar Analysis Of Environmental Risk Of Heavy Metals Cadmium (Cd) In Sedimentary Seawater In The Coastal City Of Makassar.
12. Faradhillah Putri Gobel S, Wunarlani I, Habibie Desa Mautong Kec Tilonkabila Kab Bone Bolango JB, Et Al. Konservasi Mangrove Sebagai Upaya Mendukung Kawasan Ekowisata Di Wilayah Pesisir.
13. Iyawan Ginting E, Idris F, Dhamar Syakti A, Et Al. *Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Mangrove Di Perairan Tanjungpinang, Kepulauan Riau Weight Metal Cadmium (Cd) In Mangrove In Tanjungpinang Water, Riau Islands.*
14. Zakiy A, F, Julianto ME, Et Al. Analisis Kandungan Logam Berat Pada Air Sungai Kaligarang Menggunakan ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry).
15. Oktavia D, Susanti MM. Pengaruh Cemaran Logam Berat Kadmium (CD) Terhadap Bentuk Sediaan Jahe Emprit (*Zingiber Officinale* Var. *Amarum*). *Journal Of Clinical Pharmacy And Pharmaceutical Science*; 2.

16. Shi HY, Du L, Ni XB. Salinity Variability Modes In The Pacific Ocean From The Perspectives Of The Interdecadal Pacific Oscillation And Global Warming. *J Geophys Res Oceans*; 127. Epub Ahead Of Print 1 July 2022. DOI: 10.1029/2021JC018092.
17. Yamin Dan M, Syukur A. Analisis Kandungan Logam Berat Pada Tumbuhan Mangrove Sebagai Bioindikator Di Teluk Bima. 18.
18. Emilia I, Suheryanto, Hanafiah Z. Distribusi Logam Kadmium Dalam Air Dan Sedimen Di Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Peneliti Sains* 2013; 16: 59–64.
19. Faradhillah Putri Gobel S, Wunarlani I, Habibie Desa Mautong Kec Tilongkabila Kab Bone Bolango JB, Et Al. Konservasi Mangrove Sebagai Upaya Mendukung Kawasan Ekowisata Di Wilayah Pesisir.
20. Prihandana PKE, Nurweda Putra IDN, Indrawan GS. Struktur Vegetasi Mangrove Berdasarkan Karakteristik Substrat Di Pantai Karang Sewu, Gilimanuk Bali. *Journal Of Marine Research And Technology* 2021; 4: 29.