

BIOAKUMULASI LOGAM BERAT PADA AVICENNIA MARINA DITAMAN WISATA ALAM MANGROVE ANGKE KAPUK JAKARTA

BIOACCUMULATED ON HEAVY METALS IN AVICENNIA MARINA IN ANGKE KAPUK MANGROVE NATURAL TOURISM PARK JAKARTA

Mira Sepnawati Jaya¹, Maya Dewi Dyah Maharani², Laila Febrina³

¹ Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Jurusan Universitas Sahid Jakarta, Jl. Prof. Dr. Soepomo, SH No.84 Tebet Jakarta, Email : mirrasepnawati@gmail.com

² Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Jurusan Universitas Sahid Jakarta, Jl. Prof. Dr. Soepomo, SH No.84 Tebet Jakarta, Email : maya@usahid.ac.id

³ Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Jurusan Universitas Sahid Jakarta, Jl. Prof. Dr. Soepomo, SH No.84 Tebet Jakarta, Email : Laila_Febrina@usahid.ac.id

ABSTRAK

Logam berat merupakan salah satu penyebab kerusakan ekosistem perairan paling besar disebabkan oleh kegiatan industrialisasi. Logam berat yang masuk dalam perairan sungai sebelum akhirnya akan mengalir ke lautan akan bermuara ke muara sungai yang biasanya terdapat ekosistem mangrove. Mangrove *Avicenniamarina* merupakan mangrove yang dapat digunakan sebagai indikator biologis lingkungan yang tercemar logam berat terutama Cu, Pb, dan Zn. Maka perlu dilakukan identifikasi jumlah kandungan logam berat Cu, Pb, dan Zn dalam akar mangrove *Avicennia marina* dan menganalisis nilai *bio-concentration factor* (BCF) mangrove *Avicennia marina* untuk mengetahui kemampuannya dalam mengakumulasi logam beratperairan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pola *random sampling* dandianalisis dengan menggunakan *ICP-OES*. Penelitian ini menghasilkan kandungan logam berat Cu, Pb, danZn di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk di perairan rata-rata adalah 0,021 mg/L, 0,003 mg/L, dan 0,3804 mg/L. Sedangkan kandungan logam berat Cu, Pb, dan Zn pada *sludge* rata rata adalah 0,4659 mg/Kg, 0,2180 mg/Kg, dan 2,3518 mg/Kg . Kandungan logam berat Cu, Pb, dan Zn di akar rata-rata adalah8,7950 mg/Kg, 0,9592 mg/Kg, dan 14,7934 mg/Kg. Kemampuan mangrove *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam Cu, Pb, dan Zn masing-masing adalah 19,15; 4,16; dan 6,31. Nilai BCF melebihi satu menyatakan bahwa mangrove *Avicennia marina* di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk Jakarta dapat mengakumulasikan logam berat.

Kata Kunci: *Avicennia marina*, Akar, BCF, ICP-OES

ABSTRACT

Heavy metals are one of the biggest causes of damage to aquatic ecosystems, caused by industrialization activities. Heavy metals in river waters before ending into the oceans will disemboague into the river mouth, which usually has mangrove ecosystems. Avicennia marina mangrove can be used as a biological indicator for the environment contaminated with heavy metals, especially Cu, Pb, and Zn. Therefore, identification of Cu, Pb, and Zn heavy metal content in Avicennia marina mangrove roots and analyzing the bio- concentration factor (BCF) value of Avicennia marina mangrove need to figure out its ability to accumulate water heavy metals. The research method used was a random sampling pattern method and analyzed using ICP-OES. The research resulted from heavy metal that consists Cu, Pb, and Zn in Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk average in waters was 0.021 mg/L, 0.003 mg/L, and 0.3804 mg L. Meanwhile, the heavy metal content of Cu, Pb, and Zn average in sludge was 0.4659 mg/Kg, 0.2180 mg/Kg, and 2.3518 mg / Kg. The heavy metals content of Cu, Pb, and Zn average in the roots was 8,7950

mg/Kg, 0,9592 mg/Kg, and 14,7934 mg/Kg. The ability of Avicennia marina mangroves to accumulate Cu, Pb and Zn metals were 19.15; 4.16; and 6.31. BCF value of more than one indicates that Avicennia marina mangroves in the Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk can accumulate heavy metals.

Keywords: *Avicennia marina, roots, BCF, ICP-OES*

1. PENDAHULUAN

Sumber pencemar logam berat berasal dari sampah, minyak, dan limbah. Logam berat adalah salah satu penyebab kerusakan ekosistem perairan paling besar yang merupakan hasil akhir yang disebabkan oleh industrialisasi. Logam berat merupakan limbah yang paling berbahaya karena menimbulkan efek racun bagi manusia. Logam berat yang masuk ke lingkungan perairan sungai akan terlarut dalam air dan akan terakumulasi dalam *sludge* dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut (Wulan dkk., 2013 dalam Utami, dkk., 2018). Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme, dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan. Biota laut yang mencari makan di dasar perairan (udang, kerang, kepiting) akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Hal ini juga membahayakan bagi masyarakat yang bertempat tinggal di sekitarnya dan utamanya masyarakat yang mengonsumsi hasil laut yang telah terkontaminasi logam berat (Utami, dkk., 2018). Maka sebelum masuknya logam berat ke badan perairan lalu lautan kadarnya seharusnya di bawah ambang batas yang telah ditetapkan.

Logam berat yang masuk dalam perairan sungai sebelum akhirnya akan mengalir ke lautan akan bermuara ke muara sungai yang biasanya terdapat ekosistem mangrove. Salah satu muara yang terdapat ekosistem mangrove adalah Muara Angke yang berdekatan dengan Taman Wisata Alam Mangrove (TWAM) Angke Kapuk yang akan dibahas pada penelitian ini. Mangrove memiliki fungsi fisik dalam penetrasi pencemaran perairan berperan menanggulangi pencemaran logam berat. Hutan mangrove merupakan agen bioremediasi alami karena secara alam mangrove dapat menyerap kandungan logam berat di alam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd dan fungsi ini disebut sebagai biosorpsi (Hastuti, dkk., 2013 dalam Utami, dkk., 2018). Mangrove juga memiliki kemampuan yang disebut biofilter yaitu kemampuan untuk menyaring, mengikat dan (BCF) dalam akar mangrove *Avicennia marina* dengan di perairan sehingga dapat dijadikan indikator bahwa tanaman mangrove di Taman Wisata Alam Mangrove memerangkap polusi di alam bebas berupa kelebihan *sludge*, sampah, dan limbah buangan rumah tangga lainnya. Fungsi ini berperan dalam meningkatkan kualitas air (Gunarto, 2004 dalam Utami, dkk., 2018).

Penelitian ini dilakukan di Perairan TWAM Angke Kapuk Jakarta karena kawasan ini memiliki ekosistem mangrove yang cukup luas dan perkembangan bangunan tepi pantai (*Water Front city*) yang sangat pesat serta sampai saat ini belum banyak penelitian terkait kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat. Penelitian Hamzah dan Setiawan (2010) menyatakan bahwa konsentrasi logam di Muara Angke pada *sludge* cukup tinggi, yaitu konsentrasi logam berat Cu total berkisar antara 28,41-51,36 ppm, konsentrasi logam berat Pb total berkisar antara 56,58- 69,30 ppm, konsentrasi logam berat Cu total berkisar antara 18,64-29,57 ppm. Banyaknya aktivitas industri seperti industri jasa pemotongan lembaran logam, produksi baut, produksi alat-alat listrik, industri kabel, produksi plastik, dan distributor bahan kimia di sekitar lokasi juga menjadi dugaan adanya logam berat di sekitar kawasan tersebut. Logam berat yang akan diteliti adalah logam berat tembaga (Cu), timbal (Pb) dan seng (Zn). Menurut Mukhtasar (2007) dalam Fadhillah dkk. (2018) *Avicennia marina* dapat digunakan sebagai indikator biologis lingkungan yang tercemar logam berat terutama Cu, Pb, dan Zn melalui pemantauan berkala.

Tujuan dari dilakukannya penelitian bioakumulasi logam berat pada *Avicennia marina* di

Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk Jakarta adalah mengidentifikasi jumlah kandungan logam berat tembaga (Cu), timbal (Pb) dan seng (Zn) dalam akar mangrove *Avicennia marina* di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk Jakarta. Kemudian menganalisis nilai *bio-concentration factor* Angke Kapuk Jakarta dapat menyerap logam-logam berat di perairan.

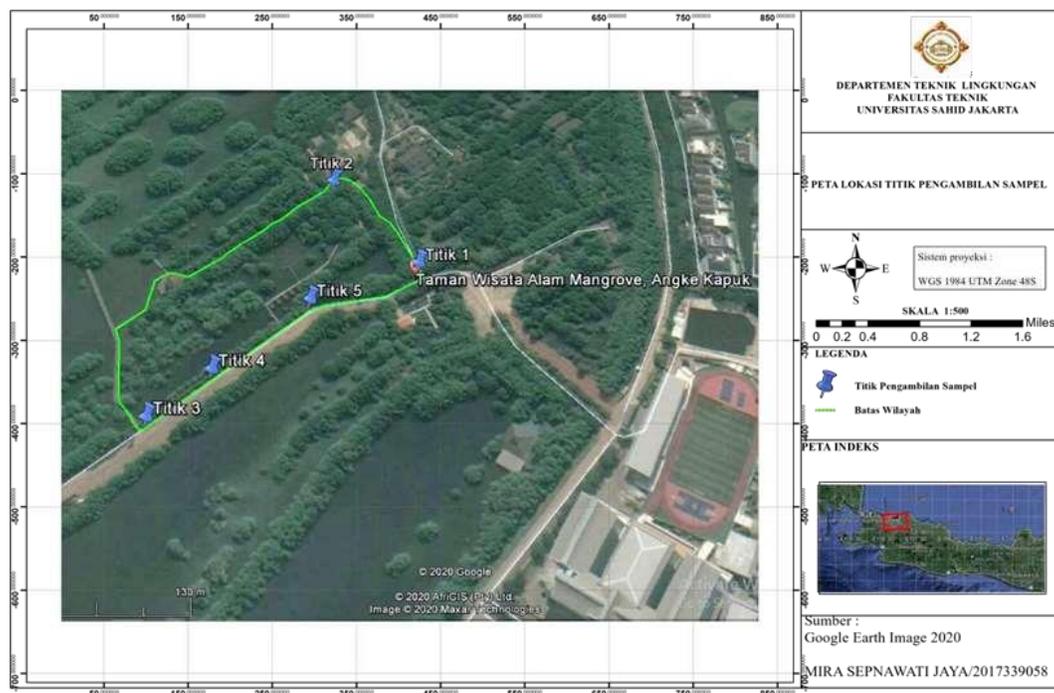
2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini, penulis menggunakan jenis penelitian deskriptif menggunakan teknik analisis kuantitatif dengan menggunakan data primer yang diperoleh dari pengambilan sampel di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk Jakarta.

2.2. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2019 – April 2020. Pengambilan sampel dilakukan pada Sabtu, 21 Maret 2020 di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk Jakarta. Pengolahan sampel dan analisis Cu, Pb, dan Zn dilakukan di Laboratorium Lingkungan Hidup PT Karsa Buana Lestari, Jalan Bintaro Permai Raya No. 25, RT 06 / RW 01, Bintaro, Kecamatan Pesanggrahan, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota. Pengambilan sampel dilakukan pada 5 titik yang terlihat pada Gambar 1. disatu kawasan dengan titik koordinat sebagai berikut : Titik 1 : $06^{\circ}06'18.6''S$, $106^{\circ}44'07.9''E$, Titik 2 : $06^{\circ}06'16.6''S$, $106^{\circ}44'05.7''E$, Titik 3 : $06^{\circ}06'23.6''S$, $106^{\circ}44'01.5''E$, Titik 4 : $06^{\circ}06'22.3''S$, $106^{\circ}44'03.0''E$, Titik 5 : $06^{\circ}06'20.8''S$, $106^{\circ}44'05.7''E$.

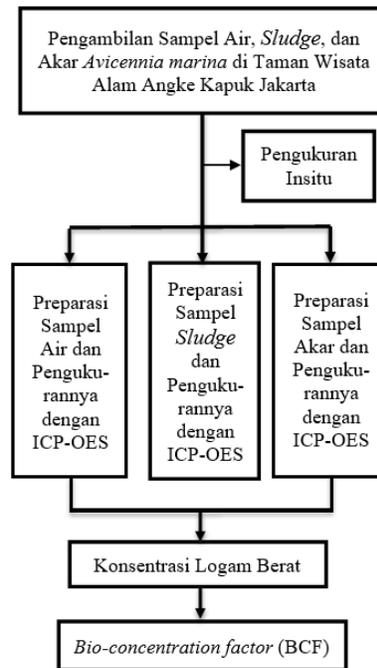


Gambar 1. Akar Pensil *Avicennia Marina*
Sumber : Google Earth Image 2020

2.3. Tahap Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pola *random sampling* di Perairan Taman Wisata Alam Angke Kapuk Jakarta. Sampel yang diambil adalah air, *sludge*, dan pohon mangrove *Avicennia marina*. Pohon *Avicennia marina* tumbuhan yang tingginya lebih dari 1,5m dan berdiameter lebih dari 10cm yang disampling sebanyak 5 titik sampling. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang dijelaskan secara singkat

dalam diagram alur kerangka penelitian pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Penelitian

2.3.1. Pengambilan Sampel Air, Sludge, dan Akar *Avicennia marina*

Pengambilan sampel air diambil pada kedalaman ± 30 cm dari permukaan sebanyak 1000 mL. Sampel yang di ambil dimasukkan ke dalam botol polietilen. Sampel air diawetkan dengan caramenambahkan HNO_3 pekat hingga pH sampel bernilai < 2 . Kemudian sampel di masukkan ke dalam *cool box*, untuk selanjutnya dianalisa di laboratorium (Fadhilla dkk., 2018).

Sludge daerah muara sungai terjadi sebagai akibat adanya bawaan sungai berupalumpur tersuspensi (dalam bentuk suspensi)dalam jumlah besar, gerakan gelombanglaut, dan air laut pasang yang menghadang di depan muara sungai dan arus laut yang datang dari kiri dan kanan mulut sungai. Proses pembentukkan *sludge* di daerahmuara sungai banyak dipengaruhi oleh faktor dan yang paling dominan berpengaruh sebagai berikut: : gelombang laut, debit sungai, dan pasang surut (Pane, 2008 dalam Chodiyah dan Palampita, 2019). Sehingga sampel *sludge* yang diambil dan yang akan dianalisa adalah *sludge* suspensi berbentuk lumpur dan lempung. Sampel *sludge* diambil dengan menggunakan alat *Bucket Auger* dan *Thin Wall-Tube Sampler* berdasarkan SNI 8520:2018 (Sucita dkk., 2019). Alat *Bucket Auger* dan *Thin Wall-Tube Sampler* ini cukup sederhana dan mudah dibawa. Alat inidiperuntukkan untuk sampling di area berserat, berakar, dan berawa. Alat ini juga dapat melubangin area dengan kedalaman pengambilan sampel tertentu sesuai kebutuhan. Pengambilan sampel *sludge* dilakukan dengan memasukkan *Bucket Auger* dan *Thin Wall-Tube Sampler* sampai kedalaman ± 30 cm. Sampel *sludge* dimasukkan kedalam plastik, kemudian dimasukkan kedalam *cool box*, untuk selanjutnya dianalisa di laboratorium.

Bagian akar *A. marina* yang diambil adalah berupa akar pensil (bagian yang terendam di dalam *sludge* karena kemungkinan akumulasi logam berat pada bagian ini lebih banyak daripada bagian lainnya) yang dapat dilihat pada Gambar 3. Akar *A. marina* yang diambil berdiameter ± 1 cm dan panjang 20cm-30cm. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung dengan menggunakan alat potong, masing-masing sampel diambil kurang lebih 100 gram dan dimasukkan kedalam plastik, setelah itu sampel dimasukkan ke dalam *cool box*, untuk

selanjutnya dianalisa di laboratorium (Fadhilla dkk., 2018).



Gambar 3. Akar Pensil *Avicennia marina*
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2020

2.3.2. Pengukuran Insitu

Pengukuran insitu dilakukan terhadap sampel air, parameter yang dilakukan pengujian adalah parameter pH, suhu, kandungan oksigen terlarut (DO) dan salinitas. pH air diukur dengan menggunakan pH meter. Suhu diukur dengan menggunakan termometer digital. Kandungan oksigen terlarut diukur dengan DO meter. Salinitas diukur dengan alat refraktometer.

2.3.3. Preparasi Sampel Air dan Pengukurannya dengan ICP-OES

Sampel air untuk pengujian tembaga (Cu), timbal (Pb), dan Seng (Zn) total dipreparasi dengan acuan *Application Note CETAC Method for SPR Beads* dan diukur dengan acuan APHA 3120B. Sampel dihomogenkan lalu dipipet 10 mL dan dimasukkan ke dalam tabung sentrifuge. Sampel kemudian disentrifuge selama 10 menit, setelah itu ditambahkan SPR-IDA sebanyak 50 μ L, dan disentrifuge kembali selama 10 menit. Kemudian ditambahkan 0,7 mL NH_4OH 50%, diaduk lalu pastikan pH nya 8-8,5, diatur dengan penambahan NH_4OH 50% atau HNO_3 20%. Setelah itu disentrifuge kembali selama 1 jam dengan kecepatan 5000 rpm. Sampel yang disentrifuge akan menghasilkan cairan jernih dan endapan, cairan jernih dibuang dan endapan yang mengandung logam dilarutkan kembali dengan 1 mL HNO_3 20% lalu ditambahkan air suling dan dihomogenkan. Sampel siap diukur serapannya dengan alat *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES).

2.3.4. Preparasi Sampel Sludge dan Pengukurannya dengan ICP-OES

Sampel *sludge* untuk pengujian tembaga (Cu), timbal (Pb), dan Seng (Zn) total dipreparasi dan diukur dengan acuan USEPA 1311 dan APHA 3120B. Sampel dipreparasi untuk diukur pHnya, pH yang dihasilkan digunakan untuk menentukan penguasaan larutan ekstraksi. Setelah itu sampel *sludge* ditimbang dan dimasukkan ke dalam *vessel*. Sampel yang telah ditimbang ditambahkan larutan ekstrak dan diekstraksi dengan alat ekstraktor selama 18 jam, kecepatan berputar 30 rpm \pm 2. Setelah diekstrak larutan dikeluarkan dan disaring, cairan hasil saringan ditampung. Sampel siap diukur serapannya dengan alat *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES).

2.3.5. Preparasi Sampel Akar dan Pengukurannya dengan ICP-OES

Sampel akar untuk pengujian tembaga (Cu), timbal (Pb), dan Seng (Zn) total dipreparasi dan diukur dengan acuan SNI 6989.6:2009 untuk logam Cu, SNI 6989.7:2009 untuk timbal logam Zn, SNI 6989.8:2009 untuk logam Pb, dan APHA 3120B untuk pengukurannya. Preparasi sampel akar *A. marina* dilakukan dengan mencacah akar sehingga berukuran kecil. Sampel akar yang telah dicacah diletakkan di cawan penguap dan dipanaskan dalam oven pada suhu 105^oC selama 12 jam. Sampel akar yang kering dihaluskan dengan blender, lalu ditimbang sebanyak 1 gram ke dalam gelas piala kemudian dicatat beratnya (W). Sampel yang telah ditimbang ditambahkan secara

berurutan 5 mL – 10 mL HNO₃ pekat lalu, didekstruksi sampai sisa volumenya 15 mL - 20 mL. Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL HNO₃ pekat. Lakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam sampel menjadi agak putih atau sampel menjadi jernih. Kaca arloji dibilas dengan air dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala. Sampel dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL (disaring bila perlu) dan ditambahkan airsuling sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan. Sampel siap diukur serapannya dengan alat *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES).

2.4. Proses Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif kuantitatif dengan menghitung akumulasi logam pada mangrove. Mengetahui terjadi akumulasi logam pada mangrove dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada air, *sludge*, dan akar. Perbandingan antara konsentrasi logam di akar dengan konsentrasi di lingkungan dikenal dengan *bio-concentration factor* (BCF). BCF pada akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam pada akar yang berasal dari lingkungan (MacFarlane dkk., 2007 dalam Awaliyah dkk., 2018).

2.4.1. Konsentrasi Logam Berat

Rumus konsentrasi logam berat pada sampel air mangrove *A. marina*, yaitu : Konsentrasi logam (mg/L) = Konsentrasi logam ICP Sedangkan rumus konsentrasi logam berat pada sampel *sludge* dan akar mangrove *A. marina*, yaitu :

$$\text{Konsentrasi logam (mg/Kg)} = \frac{\text{Konsentrasi logam ICP (mg/L)} \times \text{volume labu (L)}}{\text{Bobot sampel (Kg)}}$$

2.4.2. Bio-concentration factor (BCF)

Bio-concentration factor (BCF) adalah konsentrasi suatu senyawa didalam suatu organisme percobaan dibagi dengan konsentrasi senyawa tersebut dalam medium *sludge* satuannya (mg/L). Menurut MacFarlane dkk. (2003) dalam Awaliyah dkk. (2018) *Bio-concentration factor* (BCF) dapat dihitung dengan menggunakan rumus: *Bio-concentration factor* (BCF) =

$$\frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right)}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada } \textit{sludge} \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right)}$$

Baker (1981) dalam Awaliyah dkk. (2018) menyatakan bahwa nilai BCF untuk mengetahui kemampuan mangrove dalam menyerap polutan dari lingkungan ke bagian akar. Janssen dkk. (1997) dalam Fadhillah et al (2018) menyatakan bahwa apabila nilai BCF > 1 dari konsentrasi yang ada di kolom *sludge* berarti organisme tersebut memiliki kemampuan mengakumulasi logam dalam tubuhnya (hiperakumulator), sebaliknya BCF ≤ 1, berarti organisme kurang memiliki kemampuan mengakumulasi logam dalam tubuhnya. Pada perhitungan penelitian ini yang dijadikan pembandingan adalah *sludge* karena akar *A. marina* berinteraksi langsung dengan *sludge*.

Konsentrasi logam berat Cu, Pb, dan Zn pada air dibandingkan dengan KEPMENLH No. 51 Tahun 2004 Lampiran III tentang baku mutu air laut untuk biota. Konsentrasi Cu, Pb, dan Zn pada *sludge* mengacu pada standar mutu *sludge* dalam *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC, 2000).

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1. Kondisi Fisik Kimiawi Perairan

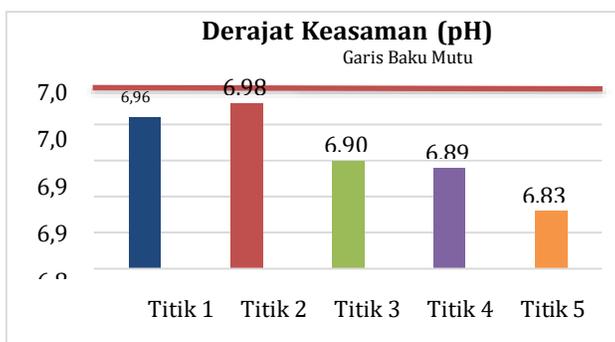
Kondisi fisik kimiawi perairan dilihat dari hasil pengukuran insitu yaitu parameter derajat keasaman (pH), suhu, kandungan oksigen terlarut (DO), dan salinitas. Derajat keasaman (pH), suhu, kandungan oksigen terlarut (DO), dan salinitas memiliki keterkaitan satu dengan lainnya yang menggambarkan konsentrasi rendah tingginya logam dalam perairan.

Kondisi masing-masing titik sampling hampir sama pada awal sampling udaranya sejuk

karena banyak pohon-pohon mangrove yang cukup rapat kemudian seiring berjalannya waktu menjadi agak cerah dan ada sinar-sinar matahari pagi karena waktu pengambilan sampel pagi hari yaitu pukul 07.43 WIB sampai 10.03 WIB Kondisi perairannya tenang, pada titik 1, titik 4, dan titik 5, berbatasan dengan jalan. Titik 2 percabangan air muara ke muara, dan titik 3 bersebrangan dengan aliran air dari muara menuju laut tetapi jaraknya cukup jauh.

3.1.1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau yang lebih dikenal dengan pH di perairan Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk berkisar antara 6,83–6,98. Nilai pH terendah terdapat pada titik 5 dengan nilai pH sebesar 6,83. Sementara nilai pH tertinggi terdapat pada titik 2 dengan nilai pH 6,98 yang dapat dilihat pada Gambar 4.



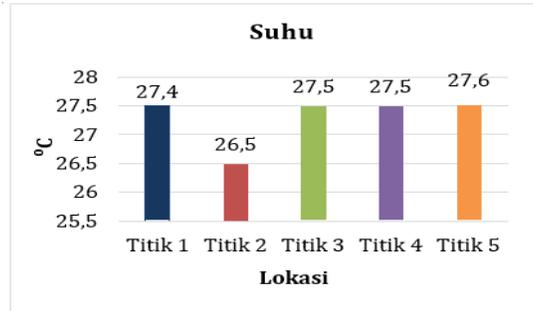
Gambar 4. Nilai Derajat Keasaman (pH) pada perairan Taman Wisata Alam Mangrove
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2020

Data yang didapat pH terendah terdapat pada titik 5. Rendahnya pH pada titik 5 mengindikasikan tingginya konsentrasi logam berat Cu, Pb, dan Zn pada air di titik 5. Menurut Palar (2004) dalam Supriyantini dkk. (2017), kenaikan pH akan menurunkan kelarutan logam berat dalam air karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap dalam *sludge*. Dikatakan bahwa nilai pH yang tinggi (basa), menyebabkan toksisitas logam berat berkurang, karena ion logam membentuk senyawa kompleks dengan senyawa lain yang ada di perairan sehingga akan mengendap di dasar perairan bersama *sludge*. Sebaliknya, pH rendah (asam) akan menyebabkan logam berat larut dalam air sehingga toksisitas tinggi.

Derajat keasaman di perairan TWAM Angke Kapuk berkisar antara 6,83–6,98 masih dibawah dari baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Lampiran III yang menyatakan nilai pH perairan untuk biota laut 7-8,5. pH yang diperoleh memang tidak begitu jauh dari baku mutu, pH asam dapat disebabkan menurunnya oksigen terlarut di dalam air dan proses reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi pada *sludge* diduga bisa mengurangi kandungan pH.

3.1.2. Suhu

Suhu di perairan TWAM berkisar antara 26,5⁰C-27,6⁰C. Suhu terendah terdapat pada titik 2 dan suhu tertinggi pada titik 5 yang dapat dilihat pada Gambar 5. Perbedaan suhu ini bisa disebabkan waktu pengambilan sampel, perbedaan intensitas cahaya tingkat kerapatan mangrove. Titik 2 memiliki suhu terendah yaitu 26,5⁰C karena intensitas cahaya yang masuk sedikit disebabkan matahari belum bersinar maksimal dan pada titik ini dikelilingi oleh vegetasi mangrove. Sedangkan suhu tertinggi pada titik 5 disebabkan intensitas cahaya yang masuk cukup karena langsung mendapat cahaya matahari di sebelah timur. Titik 5 mendapat cahaya matahari tanpa adalangan dari vegetasi mangrove karena disebelah timurnya berbatasan dengan jalan.

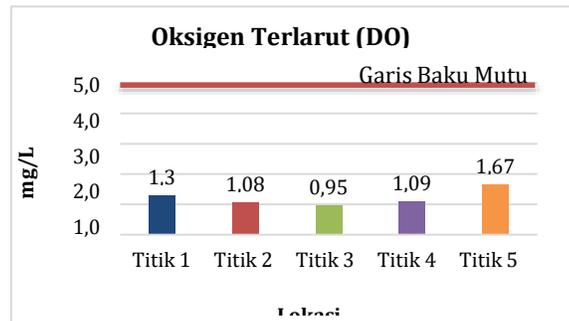


Gambar 5. Suhu pada perairan Taman Wisata Alam Mangrove
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2020

Suhu diukur karena memiliki pengaruh terhadap kadar logam dalam perairan. Menurut Haiyan Li dkk. (2013) dalam Supriyantini dkk. (2017), suhu mempengaruhi proses kelarutan logam berat yang masuk ke perairan, semakin tinggi suhu perairan maka kelarutan logam berat akan semakin tinggi sehingga toksisitas logam berat pun juga tinggi. Setelah mendapatkan hasil bahwa suhu perairan TWAM berkisar antara $26,5^{\circ}\text{C}$ - $27,6^{\circ}\text{C}$ maka dibandingkan dengan baku mutu. Baku mutu menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Lampiran III menyatakan nilai suhu perairan untuk biota laut 28°C - 32°C , maka suhu di perairan TWAM Angke Kapuk masih kurang dari baku mutu. Suhu yang rendah ini disebabkan oleh waktu pengambilan sampel terlalu pagi sehingga matahari belum bersinar sempurna, dan suhu udara juga masih sangat sejuk karena ditanami vegetasi mangrove yang cukup rapat.

3.1.3. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut atau dissolve oksigen (DO) di perairan TWAM berkisar antara $0,95\text{ mg/L}$ - $1,67\text{ mg/L}$. Nilai DO terendah terdapat pada titik 3 dengan nilai DO sebesar $0,95\text{ mg/L}$. Sementara nilai pH tertinggi terdapat pada titik 5 dengan nilai DO $1,67\text{ mg/L}$ yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Oksigen Terlarut (DO) pada perairan Taman Wisata Alam Mangrove
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2020

Menurut Effendi (2003) dalam Fadhillah dkk. (2018) hubungan antara oksigen terlarut dengan suhu adalah semakin tinggi suhu maka oksigen terlarut akan semakin berkurang. Kenyataan di lapangan nilai oksigen terlarut tidak selalu berbanding terbalik dengan nilai suhu perairan. Oksigen terlarut pada titik 5 dan 1 cenderung lebih tinggi sedangkan suhunya juga tinggi. Oksigen terlarut pada titik 5 dan titik 1 cenderung lebih tinggi dikarenakan badan perairan di titik 1 dan 5 tidak mengalir sehingga DO yang dihasilkan lebih tinggi dibanding titik 2, titik 3 dan titik 4.

Kadar oksigen juga mempengaruhi keberadaan logam berat di perairan. Baku mutu menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Lampiran III menyatakan nilai DO lebih dari 5 mg/L . Semua titik sampling memiliki nilai $\text{DO} < 5\text{ mg/L}$, yang menyatakan perairan

yang kekurangan oksigen sehingga menyebabkan air mudah menguap, yang mempengaruhi konsentrasi logam berat yaitu akan berkurang. Hal ini sejalan dengan Napitu (2002) yang menyatakan bahwa daerah-daerah yang kekurangan oksigen dalam air, daya larut logam menjadi lebih rendah dan mudah menguap sehingga konsentrasi logam berat akan berkurang. Nilai DO yang kecil mengindikasikan adanya pencemaran bahan organik yang cukup tinggi yang berasal dari limbah domestik masyarakat yang akhirnya bermuara di muara angke.

3.1.4. Salinitas

Salinitas diukur karena mempengaruhi kadar logam di perairan. Salinitas di perairan TWAM berkisar antara 7‰-10‰. Salinitas terendah terdapat pada titik 2 dan 3 sementara pada suhu tertinggi pada titik 1, 4, dan 5 yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Salinitas pada perairan Taman Wisata Alam Mangrove
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2020

Mance (1987) dalam Supriyanti, E (2017) menyatakan, salinitas yang tinggi menyebabkan kandungan logam berat di perairan juga tinggi, begitu pula sebaliknya salinitas rendah menyebabkan logam berat di perairan rendah. Rendahnya salinitas di perairan menyebabkan daya toksisitas dan akumulasi Pb meningkat. Salinitas yang tinggi disebabkan oleh adanya penguapan yang tinggi. Baku mutu salinitas menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Lampiran III menyatakan nilai salinitas s/d 34‰, hasil pengukuran telah memasuki baku mutu, nilai salinitas tidak terlalu tinggi karena muara merupakan campuran antara air tawar dan air asin.

3.2 Konsentrasi Logam Berat Cu (Tembaga), Pb (Timbal), dan Zn (Seng) pada Air, Sludge, dan Akar.

Analisis konsentrasi logam dilakukan untuk menghitung akumulasi logam pada mangrove *Avicennia marina*. Sampel dianalisa dalam satu kawasan dan dilakukan pada 5 titik. Kemudian dari 5 titik kita akan mendapat rata-rata konsentrasi logam Cu, Pb, dan Zn pada air, *sludge*, dan akar *Avicennia marina*. Konsentrasi logam berat tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Air, *Sludge*, dan Akar

Lokasi	Konsentrasi Logam Cu			Konsentrasi Logam Pb			Konsentrasi Logam Zn		
	Air (mg/L)	Sludge (mg/Kg)	Akar (mg/Kg)	Air (mg/L)	Sludge (mg/Kg)	Akar (mg/Kg)	Air (mg/L)	Sludge (mg/Kg)	Akar (mg/Kg)
Titik 1	0,027	0,5499	10,6965	0,002	0,2400	0,9991	0,3680	2,7398	16,8017
Titik 2	0,020	0,6198	11,1150	0,002	0,3199	1,8482	0,3930	2,7800	16,9830
Titik 3	0,015	0,4599	7,2471	0,002	0,2100	0,8996	0,3720	2,0797	13,4433
Titik 4	0,011	0,3199	6,7698	0,003	0,1600	0,3498	0,3580	2,1196	13,5419
Titik 5	0,030	0,3800	8,1484	0,008	0,1600	0,6993	0,4110	2,0398	13,1974
Rerata	0,021	0,4659	8,7954	0,003	0,2180	0,9592	0,3804	2,3518	14,7934

Sumber : Data primer, 2020

Berikut adalah contoh perhitungankonsentrasi logam berat pada sampel air *Avicennia marina*:

Konsentrasi logam (mg/L) = Konsentrasi logam ICP

Konsentrasi logam Cu (mg/L) = 0,027 mg/L

Berikut adalah contoh perhitungan konsentrasi logam berat pada *sludge* air

Avicennia marina :

Konsentrasi logam Cu (mg/Kg) Ulangan 1

$$= \frac{\text{Konsentrasi logam ICP (mg/L)} \times \text{volume labu (L)}}{\text{Bobot sampel (Kg)}}$$

$$= \frac{0,022 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 0,05 \text{ L}}{25,0035 \text{ g} \times 10^{-3} \text{g/Kg}} = 0,4399 \text{ mg/Kg}$$

Konsentrasi logam Cu (mg/Kg) Ulangan 2

$$= \frac{0,033 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 0,05 \text{ L}}{25,0016 \text{ g} \times 10^{-3} \text{g/Kg}} = 0,6600 \text{ mg/Kg}$$

Konsentrasi Cu (mg/Kg)

$$= \frac{\text{Konsentrasi Cu (Ulangan1)} + \text{Konsentrasi Cu (Ulangan2)}}{2}$$

$$= \frac{(0,4399 + 0,6600) \text{mg/Kg}}{2} = 0,5499 \text{ mg/Kg}$$

Berikut adalah contoh perhitungan konsentrasi logam berat pada akar air *Avicennia marina* :

Konsentrasi logam Cu (mg/Kg) Ulangan 1

$$= \frac{\text{Konsentrasi logam ICP (mg/L)} \times \text{volume labu (L)}}{\text{Bobot sampel (Kg)}}$$

$$= \frac{0,246 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 0,05 \text{ L}}{0,9999 \text{ g} \times 10^{-3} \text{g/Kg}} = 12,3012 \text{ mg/Kg}$$

Konsentrasi logam Cu (mg/Kg) Ulangan 2

$$= \frac{0,182 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 0,05 \text{ L}}{1,0009 \text{ g} \times 10^{-3} \text{g/Kg}} = 9,0918 \text{ mg/Kg}$$

Konsentrasi Cu (mg/Kg)

$$= \frac{\text{Konsentrasi Cu (Ulangan1)} + \text{Konsentrasi Cu (Ulangan2)}}{2}$$

$$= \frac{(12,3012 + 9,0918) \text{mg/Kg}}{2} = 10,6965 \text{mg/Kg}$$

Kandungan logam berat pada akar lebih tinggi dibandingkan dengan *sludge* dan kandungan logam di *sludge* lebih besar dibandingkan di air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Setiawan (2013) dalam Fadhillah dkk., (2018) yang menyatakan besarnya konsentrasi logam di jaringan akar diduga karena jaringan akar mempunyai interaksi langsung dan terus-menerus dengan *sludge* dan air yang telah terkontaminasi oleh logam yang mengendap, sehingga logam akan terakumulasi di akar. Logam berat yang berada di akar akan terakumulasi sampai tanaman tersebut tidak mampu menahan toksisitas logam berat tersebut yang akhirnya akan dikeluarkan oleh proses ekskresi. Sedangkan logam berat di *sludge* lebih besar di air karena adanya pengendapan pada *sludge* pada saat kandungan logam berat tinggi di air, dan logam berat yang mudah berikatan dengan bahan organik sehingga mengendap dan berikatan dengan partikel *sludge*.

Tabel 2. Perbandingan Kadar Logam Berat Cu, Pb, dan Zn dalam air dengan Baku Mutu Lingkungan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Lampiran III

Jenis Logam Berat	Baku Mutu	Konsentrasi logam (mg/L)					
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Rerata
Tembaga (Cu)	0,008 mg/L	0,027	0,020	0,015	0,011	0,030	0,021
Timbal (Pb)	0,008 mg/L	0,002	0,002	0,002	0,003	0,008	0,003
Seng (Zn)	0,005 mg/L	0,3680	0,3930	0,3720	0,3580	0,4110	0,3804

Sumber : Data primer, 2020

Hasil analisis kandungan logam berat Cu (tembaga), Pb (timbal), dan Zn (seng) di TWAM Angke Kapuk di perairan rata-rata adalah 0,021 mg/L untuk logam Cu, 0,003 mg/L untuk logam

Pb, dan 0,3804 mg/L untuk logam Zn. Sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Lampiran III menyatakan konsentrasi logam Cu dan Pb dalam perairan 0,008 mg/L sedangkan untuk Zn 0,005 mg/L. Logam berat Cu dan Zn telah melewati baku mutu yang telah ditetapkan. Menurut Hutagalung (1991) dalam Supriyantini, E (2017), logam berat yang masuk ke perairan mengalami beberapa proses yaitu; (1) proses fisika, seperti pengenceran, sedimentasi, transportasi oleh arus dan difusi molekuler, (2) proses kimia, seperti reaksi kimia dengan zat lain ataupun terurai oleh oksidasi oksigen, dan (3) proses biologi. Kelebihan kadar logam Cu dan Zn berasal dari aktifitas manusia dan industri yang ada disekitar muara air dan yang aliran airnya bermuara ke muara air. Aktifitas manusia salah satu contohnya adalah melalui polusi udara yang mengandung logam berat seperti Cu dan Zn akan terbawa turun bersama hujan yang akan masuk ke dalam perairan. Logam berat Cu dan Zn yang larut di perairan akan terbawa sampai ke muara air dan terakumulasi sehingga konsentrasinya relatif besar karena mudah terdistribusi. Kadar Cu dan Zn semakin lama akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya polutan yang masuk ke dalam perairan apabila tidak dilakukan tindakan penanggulangan.

Tabel 3. Perbandingan Kadar Logam Berat Cu, Pb, dan Zn dalam Sludge dengan Baku Mutu Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC, 2000)

Jenis Logam Berat	Baku Mutu	Konsentrasi logam (mg/L)					Rerata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Tembaga (Cu)	65 mg/Kg	0,5499	0,6198	0,4599	0,3199	0,3800	0,4659
Timbal (Pb)	50 mg/Kg	0,2400	0,3199	0,2100	0,1600	0,1600	0,2180
Seng (Zn)	410 mg/Kg	2,7398	2,7800	2,0797	2,1196	2,0398	2,3518

Sumber : Data primer, 2020

Hasil analisis kandungan logam berat Cu (tembaga), Pb (timbal), dan Zn (seng) pada *sludge* rata-rata adalah 0,4659 mg/Kg untuk logam Cu, 0,2180 mg/Kg untuk logam Pb, dan 2,3518 mg/Kg untuk logam Zn. Titik 2 konsentrasi logam berat di *sludgenya* tertinggi dan terendah pada titik 4 dan 5. Titik 2 konsentrasi logam beratnya tertinggi dikarenakan *sludge* pada titik 2 berbentuk lempung berlumpur. Tipe *sludge* juga mempengaruhi konsentrasi logam berat. Menurut Bernhard (1981) dalam Supriyantini, E (2017), kandungan logam berat umumnya lebih tinggi ditemukan dalam *sludge* yang berbentuk lempung, lumpur, pasir berlumpur, dan akan berkurang pada pasir. Semakin kecil ukuran partikel semakin besar kandungan logam beratnya. Hal ini disebabkan karena partikel *sludge* yang halus memiliki luas permukaan yang besar dengan kerapatan ion lebih stabil untuk mengikat logam daripada partikel *sludge* yang besar, sehingga *sludge* dengan partikel lebih kecil memiliki kemampuan menyerap relatif lebih tinggi (Madusari dkk., (2016) dalam Wulandari dkk., (2018)).

Hasil analisis kandungan logam berat pada *sludge* dibandingkan dengan Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC, 2000) yang menyatakan baku mutu konsentrasi logam Cu, Pb, dan Zn, pada *sludge* masing-masing adalah 65 mg/Kg, 50 mg/Kg, dan 410 mg/Kg. Konsentrasi logam berat Cu, Pb, dan Zn telah memasuki baku mutu yang ditetapkan. Kandungan logam berat di *sludge* ini cukup rendah, hal ini dapat disebabkan karena mangrove yang tumbuh pada fase pertumbuhan pohon menyerap dan mengakumulasi logam berat yang cukup besar dari *sludge*. Jundana, dkk. (2016) menyatakan bahwa kandungan logam berat pada fase pohon pada organ akar lebih besar menyerap logam berat daripada tingkat pancang dan semai.

Kandungan logam berat Cu, Pb, dan Zn di akar rata-rata adalah 8,7950 mg/Kg untuk logam Cu, 0,9592 mg/Kg untuk logam Pb, dan 14,7934 mg/Kg untuk logam Zn. Kandungan logam Zn di akar hasilnya tertinggi dan yang terendah adalah Pb. Kandungan logam berat yang masuk ke dalam akar mangrove ini sebagian digunakan untuk metabolisme mangrove dan

memang *A. marina* ini dapat menyerap racun. Hal ini sesuai dengan penelitian Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya diketahui bahwa mangrove *A. marina* memiliki pengaruh dalam penanggulangan materi toksik lain di antaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya. Metabolisme atau transformasi secara biologis (biotransformasi) logam berat dapat mengurangi toksisitas logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami pengikatan dan penurunan daya racun, karena diolah menjadi bentuk-bentuk persenyawaan yang lebih sederhana. Proses ini dibantu dengan aktivitas enzim yang mengatur dan mempercepat jalannya proses tersebut (Halidah, 2014).

3.2. Bio-concentration factor (BCF) Logam Berat Cu (Tembaga), Pb (Timbal), dan Zn (Seng)

Bio-concentration factor (BCF) adalah konsentrasi suatu senyawa di dalam suatu organisme percobaan dibagi dengan konsentrasi senyawa tersebut dalam medium *sludge* satuannya mg/L (Awaliyah dkk., 2018). Nilai BCF *A. marina* didapatkan dengan cara membagi konsentrasi logam berat Cu, Pb, dan Zn yang ada di akar dengan konsentrasi logam berat Cu, Pb, dan Zn yang terdapat di *sludge*. Nilai BCF dihitung untuk mengetahui kemampuan *A. marina* dalam mengakumulasi logam berat Cu, Pb, dan Zn. Nilai BCF dapat kita lihat pada Tabel 4

Tabel 4. Bio-concentration factor (BCF) Logam Berat Cu (Tembaga), Pb (Timbal), dan Zn (Seng)

Lokasi	Logam berat Cu			Logam Berat Pb			Logam Berat Zn		
	Sludge	Akar	BCF	Sludge	Akar	BCF	Sludge	Akar	BCF
Titik 1	0,5499	10,6965	19,45	0,2400	0,9991	4,16	2,7398	16,8017	6,13
Titik 2	0,6198	11,1150	17,93	0,3199	1,8482	5,78	2,7800	16,9830	6,11
Titik 3	0,4599	7,2471	15,76	0,2100	0,8996	4,28	2,0797	13,4433	6,46
Titik 4	0,3199	6,7698	21,16	0,1600	0,3498	2,19	2,1196	13,5419	6,39
Titik 5	0,3800	8,1484	21,45	0,1600	0,6993	4,37	2,0398	13,1974	6,47
BCF			19,15			4,16			6,31

Sumber : Data primer, 2020

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *bio-concentration factor* (BCF) logam Cu, Pb, dan Zn masing-masing adalah 19,15; 4,16; dan 6,31. Nilai BCF tertinggi adalah logam Cu dan nilai BCF terendah adalah logam Pb. Logam Cu BCF nya tertinggi karena nilai logam di akar cukup besar tetapi di *sludge* nya kecil, artinya logam sudah berpindah ke tanaman mangrove *A. marina* dengan waktu yang cukup lama. Sedangkan logam Pb kecil karena akar mangrove dalam menyerap logam Pb itu kurang.

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai BCF logam berat Cu, Pb dan Zn lebih dari satu, maka mangrove *A. marina* dapat mengakumulasi logam berat. Janssen dkk. (1997) dalam Fadhillah dkk. (2018) menyatakan bahwa apabila nilai $BCF > 1$ dari konsentrasi yang ada di kolom air berarti organisme tersebut memiliki kemampuan mengakumulasi logam dalam tubuhnya (hiperakumulator). Sehingga dapat dijadikan indikator bahwa tanaman mangrove *A. marina* di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk Jakarta dapat menyerap logam-logam berat di perairan dan *sludge*.

Nilai BCF ini perlu dihitung dan diketahui karena nilai BCF ini dapat digunakan sebagai salah satu penentu untuk fitoremediasi. Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air (Smith dkk., 1997 dalam Silvia dkk., 2019). Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi polutan ke

bentuk yang tidak berbahaya (Chaney et al.1995 dalam Silvia dkk., 2019). Fitoremediasi merupakan satu-satunya metode pengolahan limbah yang menggunakan tanaman sebagai indikator, mudah untuk diaplikasikan, tidak memakan biaya banyak, dan tanaman yang digunakan juga banyak terdapat di alam (Melethia dkk,1996 dalam Silvia dkk., 2019). Apabila nilai BCF > 1 , maka mangrove dapat menyerap logam-logam tertentu sehingga mengurangi pencemaran logam berat di alam secara biologi dan lebih aman bagi lingkungan. Tindakan pemulihan perlu dilakukan agar tanah yang tercemar dapat digunakan kembali dengan aman. Banyak teknologi yang digunakan untuk remediasi tanah yang tercemar logam berat. Salah satu cara adalah dengan menggunakan tanaman, yaitu dengan cara menanam tanaman yang mampu menyerap logam berat dari dalam tanah. Contoh tanaman yang mampu menyerap logam berat selain mangrove adalah *Casuarina junghuniana*, *Pinus merkusii*, *Melia azedarach*, dan *Gmelina arborea*. Tanaman tersebut telah diteliti di media tailing PT Antam UBPE Pongkor dan dapat digunakan pada kegiatan fitoremediasi di lapangan karena mampu tumbuh pada media tailing dan menyerap logam cukup tinggi dalam jaringan tanaman. (Zakiyah, 2015).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk dapat disimpulkan bahwa:

1. Kandungan logam berat Cu (tembaga), Pb (timbal), dan Zn (seng) di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk di perairan rata-rata adalah 0,021 mg/L, 0,003 mg/L, dan 0,3804 mg/L. Sedangkan kandungan logam berat Cu (tembaga), Pb (timbal), dan Zn (seng) pada *sludge* rata-rata adalah 0,4659 mg/Kg, 0,2180 mg/Kg, dan 2,3518 mg/Kg. Kandungan logam berat Cu, Pb, dan Zn di akar rata-rata adalah 8,7950 mg/Kg, 0,9592 mg/Kg, dan 14,7934 mg/Kg. Logam berat Cu dan Zn telah melewati baku mutu yang telah ditetapkan sedangkan logam Pb memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk secara keseluruhan untuk *sludge* belum tercemar logam Cu, Pb, dan Zn karena masih di bawah baku mutu yang ditentukan.
2. Kemampuan *A. marina* dalam mengakumulasi logam Cu, Pb, dan Zn masing-masing adalah 19,15; 4,16; dan 6,31. Nilai BCF melebihi satu menyatakan bahwa mangrove *A. marina* di Taman Wisata Alam Mangrove Angke Kapuk Jakarta dapat mengakumulasi logam berat. Nilai BCF ini dapat digunakan untuk menentukan jenis fitoremediasi dari tanaman mangrove. Mengetahui jenis fitoremediasi ini dilakukan perhitungan nilai Translokasi dengan membandingkan nilai BCF logam berat pada bagian batang dan daun mangrove *A. marina*. Selain itu penetapan nilai BCF ini dapat dilakukan untuk berbagai jenis tanaman untuk mengetahui kemampuan bioakumulasi dari tanaman sehingga dapat digunakan sebagai pengolahan limbah logam berat. Penelitian bioakumulasi logam berat yang telah dilakukan pada akar mangrove *A. marina* terbukti mampu mengakumulasi logam berat di perairan. Kemampuan *A. marina* dalam mengakumulasi logam berat ini maka, perlu dilakukan penelitian lanjutan. Penelitian selanjutnya dapat juga dilakukan perhitungan akumulasi logam berat pada bagian batang dan daun dari mangrove, untuk menentukan nilai translokasi sehingga dapat mengetahui jenis fitoremediasi tanaman. Selain itu dapat juga dilakukan penelitian dengan jenis spesies mangrove yang berbeda sehingga dapat dilakukan perbandingan kemampuan penyerapan logam berat dari dua jenis mangrove yang berbeda. Perbandingan jenis mangrove tersebut dapat memberi informasi jenis mangrove yang lebih maksimal dalam menyerap logam-logam berat secara spesifik di alam. Selain itu, untuk mengurangi pencemaran logam berat dan memberikan efisiensi untuk pemilihan jenis mangrove yang akan ditanam di daerah-daerah

pencemaran logam berat spesifik dengan kadar yang tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association, American Water Works Association dan Water Pollution Control Federation. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, AWWA, WPCF. 21st Eds. Hal 3-10.*
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC), (2000), ANZECC interim sediment quality guidelines. Report for the environmental research institute of the supervising scientist. Sydney, Australia.*
- Awaliyah, H. F., Yona, D., dan Pratiwi, D.C. (2018). Akumulasi logam berat Pb dan Cu pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* di Sungai Lamong, Jawa Timur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*. p-ISSN: 2089-7790, e-ISSN: 2502-6194.
- Chodriyah, U., dan Pralampita, W., A. (2019). Penanganan Sedimentasi Di Daerah Muara Sungai Bagi Kepentingan Pengoperasian Pelabuhan Perikanan Peneliti pada Balai Riset Perikanan Laut. *Jurnal Bawal*. Volume 2(5):249-252.
- Fadhilah, A., Hamdani, H., Sunarto, dan Sahidin, A. (2018). Daya Serap Akar Mangrove *Avicennia marina* Terhadap Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Taman Wisata Alam Angke Kapuk Jakarta. Universitas Padjadjaran. Jawa Barat. Volume IX(2):80-86.
- Halidah. (2014). *Avicennia marina* (Forssk.) Vierth Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat. *Jurnal Balai Penelitian Kehutanan Makassar*. Volume 11(1):37-44.
- Hamzah, F., dan Setiawan, A. (2010). Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Volume 2(2):41-52.
- Jundana, A. F., Hastuti, E., dan Budihastuti, R. (2016). Daya Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Daun *Avicennia Marina* (Forsk.) Berdasarkan Fase Pertumbuhan Yang Berbeda Di Pantai Mangkang Semarang. *Jurnal Biologi*, Volume 5(3):36-46.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51/Men KLH/I/2004 Tentang Baku Mutu Air Laut.
- Silvia, M. B., Mariwy, A., dan Manuhutu, J. (2019). Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Merkuri (Hg) Menggunakan Tumbuhan Kersen (*Muntingia Calabua L*) Dengan Sistem Reaktor. *Molluca Journal of Chemistry Education*. Volume 9(2):78-89. ISSN: 2087-9024.
- Sucita, F., dan Aviantara, D., B. (2019). Studi Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Galuga Kecamatan Cibungbulang Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Studi Lingkungan Tempat*. Volume 12(2):155-174. p-ISSN: 2085.38616, e-ISSN: 2580-0442.
- Supriyantini, E., Nuraini, R. A. T., dan Dewi, C. P. (2017). Daya Serap Mangrove *Rhizophora sp.* Terhadap Logam Berat Timbal (Pb) Di Perairan Mangrove Park, Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis*. Volume 20(1):16-24.
- U.S. EPA, *Toxicity Characteristic Leaching Procedure*, Washington: U.S. Environmental Protection Agency (1992).
- Undang-undang Republik Indonesia. 2009. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Utami, R., Rismawati, W., dan Sapanli, K. (2018). Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat Di Perairan. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*.
- Wulandari, T., Budihastuti, R., dan Hastuti, E. D. (2018). Kemampuan Akumulasi Timbal (Pb)

Pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia Marina* (Forsk.) Dan *Rhizophora Mucronata* (Lamk.)
Di Lahan Tambak Mangunharjo Semarang. Jurnal Biologi, Volume 7(1):89-96.

Zakiah, Roisatuz. (2015). Uji Pertumbuhan Dan Kemampuan Empat Jenis Tanaman dalam
Menyerap Logam Berat pada Media Tailing PT Antam UBPE Pongkor. Bogor. Institut
Pertanian Bogor.