

## **BAB II**

### **TINJAUAN MENGENAI EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR, LOGAM BERAT DAN PENCEMARAN**

#### **A. Ekosistem**

##### **1. Pengertian Ekosistem**

Ekosistem merupakan hubungan timbal balik antara suatu organisme atau makhluk hidup dengan lingkungannya yang tidak pernah terpisahkan dan saling mempengaruhi sehingga aliran energinya mengalir menuju struktur biotik tertentu dan menjadikannya sebuah siklus materi antara organisme dan anorganisme. Berkaitan mengenai konsep ekosistem, ahli ekologi bernama A. G Tansley (1935 dalam Effendi *et.al.*, 2018, hlm. 2) menjelaskan bahwa,

Ekosistem adalah suatu unit ekologi yang didalamnya terdapat struktur dan fungsi. Struktur yang dimaksudkan dalam ekosistem tersebut yakni berhubungan dengan keanekaragaman spesies atau species diversity. Pada ekosistem yang strukturnya kompleks, maka akan mempunyai keanekaragaman spesies yang tinggi. Sedangkan fungsi yang dimaksud dalam ekosistem adalah berhubungan dengan siklus materi dan arus energi melalui komponen komponen ekosistem.

Konsep ekosistem serupa juga dikemukakan oleh Odum, 1971 dalam Effendi *et.al.*, (2018, hlm. 2) menjelaskan bahwa ekosistem merupakan kumpulan organisme yang saling berinteraksi dengan lingkungannya sehingga terbentuk aliran energi.

Berdasarkan pengertian ekosistem yang dikemukakan oleh para ilmuwan diatas dapat disimpulkan bahwa pengertian ekosistem yakni hubungan antara organisme hidup dengan lingkungan sekitarnya sehingga membentuk aliran energi.

##### **2. Komponen Ekosistem**

Ekosistem terbentuk dari dua komponen yaitu komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik itu sendiri merupakan makhluk hidup yang didalamnya terdiri atas, sedangkan komponen abiotik semua yang tidak hidup meliputi air, udara,

cahaya matahari dan mineral (Sitanggang *et.al*, 2015 hlm. 4). Komponen-komponen pembentuk ekosistem tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

### **a. Komponen Biotik**

Komponen biotik merupakan komponen ekosistem yang terdiri atas makhluk hidup yang digolongkan berdasarkan jenis-jenis tertentu. Komponen biotik tersebut terdiri dari produsen, konsumen dan dekomposer (Irianto, 2016 hlm. 8).

#### **1) Produsen**

Produsen merupakan organisme hidup yang mampu membuat makanannya sendiri dengan cara fotosintesis, seperti contoh yakni tumbuhan (Aeni, 2021 hlm.1).

#### **2) Konsumen**

Konsumen adalah makhluk hidup yang tidak bisa menciptakan makanannya sendiri alias heterotrof. Karena tidak bisa menciptakan makanannya sendiri, konsumen atau heterotrof ini bergantung pada produsen atau autotrof yang menjadi makanan atau sumber energinya (Darwadi, 2020 hlm. 1).

#### **3) Dekomposer**

Dekomposer merupakan organisme yang memiliki kemampuan untuk menguraikan makhluk hidup lain yang sudah mati. Dapat juga disebut sebagai makhluk hidup dengan kemampuan mengubah zat organik menjadi zat anorganik secara cepat (Nafi, 2021 hlm. 1).

### **b. Komponen Abiotik**

Welianto (2020 hlm. 1) menjelaskan komponen abiotik merupakan komponen ekosistem yang terdiri dari benda-benda yang tidak hidup meliputi kondisi fisik dan kimia. Komponen abiotik meliputi:

#### **1) Air**

“Air merupakan komponen ekosistem yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup, hampir semua makhluk hidup membutuhkan air. Air itu sendiri merupakan suatu zat yang tersusun dari unsur-unsur kimia hidrogen dan oksigen”(H Tutut, 2021 hlm.1).

## **2) Udara**

“Udara adalah campuran gas yang terdapat dipermukaan bumi dan mengelilingi bumi. Udara tersusun dari campuran gas-gas antara lain nitrogen 78%, oksigen 20%, argon 0,93% dan karbon dioksida 0,30% kemudian sisanya dalam bentuk gas lain”(Ibeng, 2021 hlm. 1)

## **3) Cahaya Matahari**

“Sinar matahari mempengaruhi sistem secara global, karena sinar matahari menentukan suhu. Sinar matahari juga merupakan unsur vital yang dibutuhkan oleh tumbuhan sebagai produsen untuk berfotosintesis” (Setiawan, 2021 hlm. 1).

## **4) Mineral**

Prawiro (2019 hlm. 1) menjelaskan bahwa “mineral merupakan suatu unsur yang ada di dalam tanah dan lingkungannya yang dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk melakukan pertumbuhan dan proses metabolisme tubuh, mineral terdiri dari ion-ion nitrogen, fosfat, sulfur, kalsium dan natrium”.

Semua komponen tersebut memiliki perannya masing-masing sehingga akan membentuk suatu tatanan ekosistem yang saling mempengaruhi satu sama lain.

## **3. Ekosistem Perairan Air Tawar**

Ekosistem air tawar dilihat dari ciri dan karakteristiknya merupakan lingkungan perairan yang digenangi oleh air tawar yang kaya akan mineral dengan kondisi permukaan air yang tidak selalu tetap. Ekosistem perairan tawar meliputi danau, sungai, rawa. Seperti yang dikemukakan oleh Utomo (2014, hlm. 2) ekosistem perairan tawar merupakan ekosistem darat yang dimana letaknya lebih tinggi dari pada lautan, alirannya mengalir dari yang lebih tinggi ketempat yang lebih rendah.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa ekosistem perairan tawar merupakan suatu bentuk ekosistem yang memiliki komponen abiotik sebagian besar terdiri atas air dengan unsur mineral yang tinggi serta memiliki aliran yang bergerak dari permukaan yang lebih tinggi ke permukaan yang lebih rendah.

Rahardian dan Riani (2018 hlm. 2) menjelaskan bahwa ekosistem perairan tawar dibagi kembali menjadi dua kategori berdasarkan tempat hidupnya yakni ekosistem perairan tawar mengalir (lotik) dan ekosistem perairan tawar tergenang (lentik).

#### **a. Perairan Tawar Mengalir (Lotik)**

Perairan lotik merupakan perairan yang memiliki arus air dan kecepatannya tergolong variatif (Muhtadi & Cordova, 2016 hlm. 7). Sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi perairannya tidak tetap, selalu mengalami perubahan yakni bergantung pada musim, contohnya sungai, parit, kanal.

#### **b. Perairan Tawar Tergenang (Lentik)**

Perairan lentik merupakan perairan yang memiliki arus air kecil bahkan cenderung tidak terlihat dan tenang (Muhtadi & Cordova, 2016 hlm. 7). Sehingga pada kondisinya tetap dan massa air terakumulasi dalam kurun waktu yang relatif lama, contohnya seperti danau, rawa, waduk.

### **B. Ekosistem Sungai**

#### **a. Pengertian Ekosistem Sungai**

Sungai merupakan badan air yang mengalir atau disebut sebagai perairan lotik dikarenakan sungai memiliki aliran dari hulu ke hilir dengan kecepatan arus yang berbeda-beda dan selanjutnya akan bermuara ke danau atau lautan. Melihat dari sudut pandang lain mengenai definisi sungai, dijelaskan dalam Undang-Undang No. 7 2004 tentang Sumber Daya Air yang menyatakan “Sungai merupakan salah satu bentuk alur air permukaan yang harus dikelola secara menyeluruh, terpadu berwawasan lingkungan hidup dengan mewujudkan kemanfaatan sumber daya air yang berkelanjutan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat”.

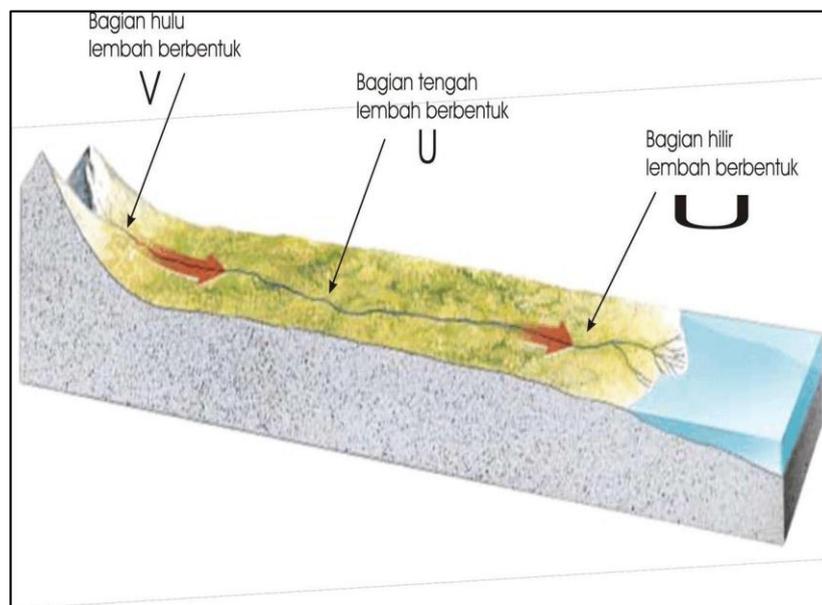
Selain itu dikemukakan juga oleh (Wiwoho dalam Diniyah, 2019, hlm. 1) mengenai sungai yakni tempat bersatunya air yang berada di lingkungan sekitar, yang airnya mengalir ke permukaan yang lebih rendah. Sehingga dapat dirumuskan bahwa ekosistem sungai ialah ekosistem perairan darat yang airnya mengalir dari

hulu hingga hilir serta memiliki manfaat untuk sebagian masyarakat yang ada di sekitarnya.

Kondisi sungai sangat dipengaruhi oleh aktivitas dan perilaku penghuninya. Banyak organisme daratan yakni tumbuhan, hewan, manusia dan seluruh biota air didalamnya yang mempergunakan air sungai sebagai ketersediaan air untuk keperluan sehari-hari, pengairan sawah, keperluan peternakan, keperluan industri, serta irigasi. Dapat kita artikan bahwa ekosistem sungai sangat tidak dapat dipisahkan dengan kehidupan masyarakat di sekelilingnya. Ekosistem sungai yang memiliki ciri dimana airnya mengalir sehingga memungkinkan mobilitas airnya tinggi dan menyebabkan perubahan fisik dan kimia secara terus menerus.

### b. Bagian-Bagian Ekosistem Sungai

Nailufar (2020, hlm. 1) mengatakan bahwa “Daerah Aliran Sungai (DAS) terbagi atas tiga bagian, yaitu bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir”.



**Gambar 2.1 Pembagian Wilayah DAS**  
(Sumber: [harirustianto.blogspot.com](http://harirustianto.blogspot.com))

- a. Bagian hulu, pada bagian hulu sungai potensi akan mengalami pengikisan tanah sangat tinggi dan arusnya deras, serta sebagian besar arah erosinya vertikal. Pada bagian palung sungai membentuk V serta lerengnya cembung, sebagian besar terdapat air terjun serta tidak terjadi pengendapan.

- b. Bagian tengah, pada bagian ini potensi terjadi erosi mulai berkurang, arah erosinya vertikal dan horizontal serta arusnya tidak terlalu deras. Memiliki palung membentuk U, pada bagian tengah perairan mulai adanya pengendapan (sedimentasi).
- c. Bagian hilir, Pada bagian hilir daya erosi sangat kecil dengan arah erosi horizontal atau kesamping, arusnya stabil atau cenderung tenang, banyak terjadi sedimentasi, dan memiliki palung yang lebar.

### **c. Jenis-Jenis Sungai**

Kelas Pintar (2020, hlm. 1) menjelaskan “jenis-jenis sungai berdasarkan sumber airnya yang dibedakan menjadi tiga macam yaitu sungai gletser, sungai hujan dan sungai campuran”.

- a. Sungai Gletser, memiliki sumber air yang bersumber dari cairnya es atau salju. Contohnya Sungai Mamberamo di Papua.
- b. Sungai Hujan, sungai yang diisi oleh air hujan. Contohnya Sungai-sungai yang berada di Indonesia pada umumnya, dikarenakan kawasan Indonesia merupakan kawasan tropis.
- c. Sungai Campuran, sungai yang diisi oleh air hujan, es yang mencair dan mata air. Misalnya Sungai Digur di Papua.

### **C. Sungai Citarum**

Sungai Citarum merupakan salah satu sungai terbesar dan terpanjang yang berada di Jawa Barat dengan luas daerah yang dimiliki sebesar 6614 km<sup>2</sup> dan panjang sungai sebesar 300 km. Cita Citarum (2014, hlm.1) menyatakan “Secara geografis wilayah Sungai Citarum terletak pada 106° 51’36”-107° 51’ BT dan 7° 19’-6° 24’LS”. Hulu Sungai Citarum terletak di Gunung Wayang, Kabupaten Bandung dan bermuara di Muara Gembong, Kabupaten Bekasi. Aliran Sungai Citarum yang panjang melewati tiga Waduk di Jawa Barat yakni Waduk Saguling, Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur.



**Gambar 2.2 Sungai Citarum**  
(Sumber: ekonomi.bisnis.com)

### **1. Permasalahan di Wilayah Sungai Citarum**

Saat ini permasalahan Sungai Citarum adalah pencemaran lingkungan yang sangat jelas dapat dilihat langsung. Supriyadi, Eka (2018 hlm. 1) memberitakan “Sungai Citarum yang berlokasi di Indonesia khususnya berada di Provinsi Jawa Barat dinobatkan sebagai sungai terkotor di dunia oleh *World Bank*”.

Kotornya Sungai Citarum dikarenakan kurangnya kesadaran masyarakat akan bahaya membuang sampah ke badan sungai tanpa mengolahnnya dahulu, limbah industri yang langsung dibuang oleh pabrik-pabrik di bantaran sungai, sampah pertanian dan peternakan, dll. Dalam webnya kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2018, hlm 1) menyatakan “Sampai dengan tahun 2018 terdapat 2.822 unit industri yang didominasi oleh industri tekstil berada di bantaran Sungai Citarum”. Dapat disimpulkan bahwa Sungai Citarum merupakan tempat pembuangan berbagai jenis limbah yang nantinya akan berdampak pada lingkungan hidup disekitarnya.

### **D. Ekosistem Waduk**

Dilihat dari bentuk serta strukturnya waduk merupakan ekosistem perairan tawar yang menggenang (perairan lentik) buatan yang pembangunannya

direncanakan secara spesifik dan terkonstruksi. Waduk berfungsi sebagai tempat penampungan air dalam skala besar pada waktu penghujan, waduk juga dimanfaatkan sebagai sarana pembangkit listrik tenaga air, irigasi atau lain sebagainya.

Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 72/PRT/1997 tentang bendungan, menyatakan bahwa “Bendungan yaitu bangunan penahan air buatan, jenis urugan atau jenis lainnya yang menampung air atau bisa menampung air, tergolong pondasi, tebing tumpuan, serta bangunan pelengkap dan peralatannya, termasuk pun bendungan limbah galian, namun tidak tergolong bendung dan tanggul”. Sehingga dapat diartikan waduk sebagai tempat menyimpan air yang nantinya bisa dialirkan kembali atau dilepas ke sungai yang berada di hilirnya sesuai dengan kebutuhan dan pada waktu yang ditentukan.

#### **a. Tipe-Tipe Waduk**

Waduk atau Bendungan memiliki berbagai tipe serta manfaatnya sendiri yang diklasifikasikan, seperti yang dikutip dari Riadi (2018, hlm.1) menjelaskan bahwa bendungan dibagi berdasarkan tujuan pembentukannya, ukurannya, penggunaannya serta konstruksinya, sebagai berikut:

##### **1) Berdasarkan Tujuan Pembangunannya**

Dilihat dari tujuan pembangunannya waduk atau bendungan dibedakan menjadi dua yakni bendungan dengan tujuan serbaguna (*multi purpose dam*) dan tujuan tunggal (*single purpose dam*).

1. Bendungan yang memiliki tujuan lebih dari satu atau serbaguna (*multi purpose dam*) merupakan bendungan atau waduk yang memiliki lebih dari satu tujuan, misalnya sebagai PLTA dan pengendali banjir, Irigasi dan pengendalian banjir, dll.
2. Bendungan yang hanya memiliki satu tujuan (*single purpose dam*) merupakan bendungan atau waduk yang pembangunannya didasari oleh satu tujuan saja, misalnya hanya sebagai PLTA.

## 2) Berdasarkan Ukuran

Sedangkan berdasarkan ukurannya bendungan atau waduk dibedakan menjadi dua, yakni bendungan yang berukuran kecil (*Small dam*) dan bendungan berukuran besar (*Large dam*) yang memiliki puncak ketinggian bendungan tidak kurang dari 500 m, serta kapasitas waduk yang terbentuk tidak kurang dari 1 juta m<sup>3</sup>.

## 3) Berdasarkan Penggunaan

Berdasarkan penggunaannya bendungan dibedakan menjadi tiga tipe, yakni untuk memperlambat air (*distension dam*), membentuk waduk (*storage dam*), dan untuk penangkap/pemblokir air (*diversion dam*).

1. Bendungan untuk mencegah banjir (*distension dam*) merupakan bendungan yang dibangun untuk menampung air sehingga dapat mencegah terjadinya banjir.
2. Bendungan untuk membentuk waduk (*storage dam*) merupakan bendungan yang digunakan untuk membendung air ketika kelebihan dan bisa dipakai ketika diperlukan.
3. Bendungan penangkap air (*diversion dam*) merupakan bendungan yang dibangun agar permukaan air lebih tinggi guna mampu mengalirkan air masuk kedalam saluran air atau terowongan.

## 4) Berdasarkan Konstruksinya

Berdasarkan konstruksinya bendungan dibangun menjadi empat macam, yakni sebagai berikut:

1. Bendungan beton (*concrete dam*) adalah bendungan bertulang atau tidak bertulang yang dibangun dari beton.
2. Bendungan urugan berlapis-lapis (*zoned dam*) adalah bendungan yang tersusun atas beberapa lapisan yaitu lapisan pencegah rembesan, lapisan batuan, lapisan batuan biasa dan lapisan kering.
3. Bendungan serba sama (*homogeneous dam*) adalah bendungan yang volumenya dibagi dua yang dibentuk oleh bahan bangunan yang homogen.
4. Bendungan urugan batu dengan lapisan kedap air di muka (*impermeable face rock fill dam*) jenis bendungan batuan berlapis, lapisannya biasanya

menggunakan aspal dan beton, dan lapisan anti rembesan terletak di hulu bendungan.

## **E. Waduk Cirata**

### **1. Profil Waduk Cirata**



**Gambar 2.3 Perairan Waduk Cirata  
(Sumber: Mediaindonesia.com)**

Waduk Cirata adalah satu dari ketiga waduk ternama di Jawa Barat berdiri pada tahun 1987. Pembangunan Waduk ini dilakukan dengan cara membendung Sungai Citarum. Volume air maksimum Waduk Cirata sebanyak kurang lebih 2.165 juta m<sup>3</sup>. Pembangunan Waduk Cirata bertujuan untuk PLTA sebagai pemasok listrik di wilayah Jawa-Bali. Selain itu juga Waduk Cirata menjadi tempat budidaya perikanan dengan sistem KJA, hingga pariwisata. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Waduk Cirata adalah waduk serbaguna karena memiliki lebih dari satu tujuan.

### **2. Kondisi Sosial Ekonomi**

Kondisi Waduk Cirata sebagai bendungan multiguna selain dipergunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) namun Waduk Cirata diperuntukan juga sebagai budidaya perikanan menggunakan sistem Keramba Jaring Apung

(KJA) dan pariwisata yang membantu sosial ekonomi masyarakat di sekitar Waduk Cirata.



**Gambar 2.4 Keramba Jaring Apung (KJA) Waduk Cirata  
(Sumber: antarafoto.com)**

Romaidi (2020 hlm. 5) menjelaskan bahwa “keramba jaring apung adalah salah satu wadah budidaya perairan yang cukup ideal, yang ditempatkan di badan air dalam, seperti waduk, danau, dan laut”. Agustin, A (2019, hlm. 3) juga mengatakan “Waduk Cirata memiliki kontribusi perikanan Keramba Jaring Apung yang cukup besar yakni sebesar 39.5% terhadap Keramba Jaring Apung (KJA) Jawa Barat”. Sehingga dapat dikatakan bahwa sebagian besar mata pencaharian masyarakat yang tinggal disekitar Waduk Cirata berasal dari budidaya perikanan menggunakan sistem Keramba Jaring Apung (KJA) dikarenakan sangat efisien dan efektif.

#### **F. Parameter Fisika dan Kimia Perairan**

Dalam menentukan kualitas suatu perairan dapat diamati melalui faktor penunjang yakni keadaan lingkungannya atau dapat disebut sebagai faktor fisika dan kimia lingkungan. Adani, *et.al.* (2018 hlm. 6) menyatakan “parameter fisika dan kimia perairan yang perlu diukur dan diamati dalam penentuan kondisi perairan yakni suhu, kecerahan perairan, pH, dan *Dissolved Oxygen*”.

## 1. Parameter Fisika

### a. Suhu

Suhu termasuk kedalam parameter fisika yang mampu menentukan pola kehidupan organisme perairan. Suhu akan berubah-ubah terhadap ruang dan waktu. Secara tidak langsung suhu sangat dipengaruhi oleh sinar matahari, panas yang dimiliki oleh air perlahan berubah antara siang dan malam serta dari musim ke musim. Suhu air juga sangat berpengaruh terhadap jumlah oksigen terlarut dalam air.

Seperti yang dikemukakan oleh Odum (1998 dalam Khairul 2017, hlm. 4) menurutnya “suhu perairan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, ketinggian geografis, dan faktor penutupan pepohonan (kanopi) dari vegetasi yang tumbuh di sekitarnya” sedangkan menurut Suriadarma (2011, hlm. 4) “perbedaan lainnya disebabkan karena adanya perbedaan waktu pengukuran, juga diduga disebabkan karena adanya perbedaan kandungan nutrisi atau ion-ion garam yang secara fisik dapat meningkatkan daya hantar panas”. Sehingga dapat dikatakan bahwa suhu merupakan parameter penunjang kualitas suatu perairan yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang membuat suhu tersebut berubah – ubah.

Tinggi dan rendahnya suhu di lingkungan perairan mampu mempengaruhi organisme atau biota yang hidup didalamnya. Siegers *et.al.*, (2019, hlm. 6) menjelaskan suhu yang baik bagi ikan budidaya adalah 28°C sampai 32°C jika terlalu tinggi ataupun terlalu rendah akan mempengaruhi kelangsungan hidup ikan yang dibudidayakan di sekitar perairan, jika suhu berada dibawah suhu optimum akan menyebabkan ikan kedinginan dan mati, namun jika terlalu tinggi juga dapat menyebabkan ikan menjadi kehilangan kendali atau stress dan menyebabkan ikan sulit untuk bernafas karena konsumsi oksigen yang meningkat, sedangkan untuk daya larut oksigennya kan menurun.

Besar kecilnya suhu perairan memiliki hubungan yang erat dengan proses pertumbuhan biota air yang ada pada ekosistem perairan itu sendiri. Dalam kata lain, dapat disimpulkan bahwa suhu mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan perkembangan serta karakteristik dari ekosistem suatu perairan.

## **b. Kecerahan Perairan**

Parameter kualitas air juga dapat dilihat melalui kecerahan perairan tersebut. Kecerahan perairan adalah gambaran dalamnya suatu air yang mampu ditembus oleh cahaya matahari, pada umumnya dapat terlihat secara kasat mata. Kecerahan dapat diukur menggunakan *Secchi disk*. Cara menggunakannya yakni dikutip dari Manurung, P. B. M (2019, hlm. 13) sebagai berikut,

Dengan menurunkan *secchi disk* kedalam air secara perlahan-lahan dengan tegak lurus permukaan air sampai bagian *secchi disk* yang berwarna putih tidak tampak lagi dan dicatat kedalamannya (d1). Kemudian turunkan *secchi disk* yang sedikit lagi, dan perlahan-lahan tarik ke atas. Jika sudah mulai terlihat bagian *secchi disk* berwarna hitam untuk pertama kalinya catat kedalamannya (d2). Selanjutnya menghitung rata-rata dari nilai kedalaman tersebut yang merupakan nilai dari kecerahan dan dinyatakan dalam meter (m).

Kecerahan suatu perairan erat hubungannya dengan kekeruhan, jika suatu perairan tingkat kekeruhannya tinggi akan membuat cahaya matahari yang masuk dalam badan perairan berkurang sehingga mempengaruhi kelangsungan hidup organisme di perairan tersebut. Effendi (2003 dalam sarif *et.al.*, 2018, hlm. 7) menjelaskan “kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi, misalnya pernafasan dan daya lihat organisme akuatik”. Roeslaini (2008 dalam Koniyo, Y., & Lamadi, A. 2017 hlm. 4) bahwa “perairan normal memiliki kecerahan untuk kehidupan ikan berkisar 20-40 cm untuk air tawar dan 7-12 m untuk air laut”.

## **2. Parameter Kimia**

### **a. Derajat Keasaman atau *Puissance negative de H* (pH)**

Rahawarin (2019 hlm. 30) menjelaskan “pH adalah tingkat keasaman atau kebasaan suatu benda yang diukur dengan menggunakan skala pH antara 0 hingga 14”. Selain itu, pH merupakan faktor pembatas bagi organisme akuatik. Keasaman atau pH air menunjukkan aktivitas ion hidrogen di dalam air. Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan bahwa air bersifat asam, dan lebih besar dari 7 menunjukkan bahwa air bersifat basa.

Simanjuntak (2009 dalam Hamuna *et.al.*, 2018 hlm. 38) bahwa “derajat keasaman (pH) merupakan logaritma negatif dari kandungan ion-ion hidrogen yang

terlepas dalam suatu cairan dan merupakan indikator baik buruknya suatu perairan pH suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan”. Menurut Koniyo (2017, hlm. 5) menjelaskan bahwa “nilai pH merupakan salah satu faktor penting untuk metabolisme dan proses fisiologis lainnya dari suatu organisme. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7–8,5”.

Dari pernyataan diatas dapat dikatakan bahwa kandungan ion H dalam air mampu mempengaruhi biota di sekitar perairan baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehingga pentingnya mengetahui pH suatu perairan untuk menentukan kualitas suatu perairan.

### **b. Oksigen Terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO)**

Organisme yang tinggal di air semuanya membutuhkan oksigen terlarut untuk membantu proses metabolisme. Al Wazzan. M. I (2020 hlm. 1) mengatakan “sumber utama oksigen terlarut dalam perairan berasal dari fotosintesis fitoplankton, mikro dan makro alga yang hidup di perairan tersebut dan juga proses difusi dari udara bebas ke dalam perairan tersebut”. Kadar oksigen terlarut dalam perairan akan semakin berkurang sejalan dengan meningkatnya suhu, ketinggian dan berkurangnya tekanan atmosfer. Seperti yang dikemukakan oleh Effendi (2003 dalam Ambarwati, 2019 hlm. 24) menjelaskan bahwa “Oksigen terlarut dipengaruhi oleh tingginya tempat tersebut dari permukaan laut sehingga tekanan atmosfer semakin rendah yang mengakibatkan oksigen yang terlarut semakin sedikit”.

Menurut (Effendi, 2003 dalam Ambarwati, 2019 hlm. 24) mengatakan “kadar oksigen pada perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/l”. Dijelaskan juga oleh Fazil, M. *et.al.*, (2017 hlm. 4) bahwa kandungan oksigen terlarut yang dianjurkan untuk kesehatan ikan di perairan budidaya berkisar 5 mg/l. Disajikan juga didalam tabel oleh Effendi (2003 dalam Fazil *et.al.*, 2017, hlm. 4) sebagai berikut:

**Tabel 2.1 Pengaruh Kadar Oksigen Terhadap Kelangsungan Hidup Ikan**

Oksigen Terlarut (mg/L)	Pengaruh Terhadap Kelangsungan Hidup Ikan
< 0,3	Ikan yang bertahan hanya sedikit
0,3 – 1,0	Ikan yang terpapar dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan kematian
1,0 – 5,0	Pertumbuhan ikan akan terganggu
> 5,0	Kondisi yang baik bagi pertumbuhan organisme perairan

## **G. Logam Berat**

### **1. Pengertian Logam Berat**

Logam merupakan material yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Logam yang diketahui umumnya keras dan tidak tembus cahaya, berkilau dan memiliki daya hantar listrik dan termal yang baik. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Direktorat Pengelolaan B3 menjelaskan mengenai pengertian logam yakni “unsur kimia yang siap membentuk ion (kation) dan memiliki ikatan logam”. Sedangkan logam berat merupakan unsur kimia alami yang sulit didegradasi dan dihancurkan. Menurut Connel & Miller (2006 dalam Kristanto *et. al.*, 2021, hlm. 2) “Logam berat merupakan logam yang berat jenisnya lebih dari  $5 \text{ g/cm}^3$ ”.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa logam berat merupakan unsur kimia alami yang memiliki berat jenis lebih dari  $5 \text{ g/cm}^3$  dan keberadaannya tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan sehingga mampu menyebabkan pencemaran atau keracunan pada lingkungan dan organisme yang terpapar.

### **2. Sifat-Sifat Logam Berat**

Menurut Sutamihardja (2006 dalam Adhani & Husaini, 2017 hlm. 16) menjelaskan mengenai sifat logam berat yang mampu membahayakan lingkungan sebagai berikut:

- a. Mudah terakumulasi pada sedimen didasar perairan, sehingga membuat kandungan logam berat pada sedimen selalu lebih besar dari pada kandungan logam dalam air.
- b. Tidak mudah didegradasi, sehingga mampu bersatu dengan lingkungan.
- c. Menyebabkan bioakumulasi dan biomagnifikasi.

### **3. Macam-Macam Logam Berat**

Menurut Vouk (1986 dalam sib3.menlhk.go.id) mengatakan “dibumi ini terdapat 80 jenis logam berat dari 109 unsur kimia. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat tersebut dibagi menjadi dua yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial”.

- a. Logam Berat Esensial, merupakan logam berat yang keberadaannya masih dibutuhkan oleh organisme hidup namun dalam jumlah yang ditentukan, apabila keberadaannya di atas ambang batas dapat menimbulkan efek racun. Contoh Se, Co, Mn, Cu, Fe, Zn.
- b. Logam Berat Non Esensial, ialah logam berat yang keberadaannya mampu memberikan efek racun dan belum diketahui manfaatnya untuk tubuh organisme hidup. Contoh Hg, Cr (VI), Cd, Pb, As, Sn.

“Tingkat racun logam berat pada hewan yang hidup di dalam air di mulai dari Hg, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni dan Co, sementara untuk manusia yakni Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn dan Zn” (Widiowati, 2008 dalam Kristanto *et.al.*, 2021 hlm. 2). Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa logam berat merkuri (Hg) adalah logam berat yang paling berbahaya bagi makhluk hidup. Ketika sebuah logam berat merkuri (Hg) diserap masuk kedalam tubuh organisme hidup maka dipastikan organisme tersebut dapat keracunan” (Palar, 1994 dalam Adhani & Husaini, 2017, hlm.13).

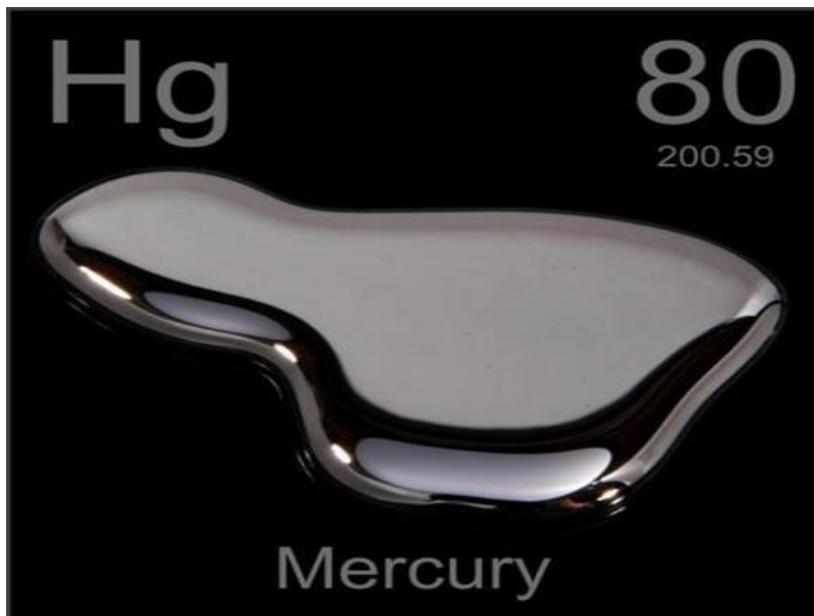
#### **4. Logam Berat Merkuri (Hg)**

##### **a. Pengertian Logam Berat Merkuri (Hg)**

Logam berat merkuri (Hg) atau yang bisa disebut dengan air raksa memiliki simbol kimia Hg (*Hydrargyrum*) yang berarti “perak cair”. Riadi (2019, hlm. 1) menjelaskan “merkuri (Hg) adalah logam berat berbentuk cair, berwarna putih perak, serta mudah menguap pada suhu ruangan”. Logam berat merkuri (Hg) merupakan konduktor listrik yang cukup baik, namun sebaliknya logam berat merkuri (Hg) kurang baik dalam menghantarkan panas.

Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang mempunyai nomor atom 80, dengan berat atom sebesar 200,59 g/molHg serta dapat memadat pada tekanan 7.640 Atm. Logam berat merkuri (Hg) mudah larut dalam asam sulfat atau asam nitrit, namun sangat tahan terhadap basa. Selain itu logam berat merkuri (Hg) merupakan unsur kimia alami sehingga sangat mudah mencemari lingkungan. Logam berat merkuri (Hg) sangat mudah ditemukan di alam dalam bentuk gabungan dengan elemen lainnya. Logam berat merkuri yang berada di alam bebas

jarang sekali berbentuk elemen terpisah. Komponen logam berat merkuri (Hg) tersebar luas di karang, tanah, udara, air dan organisme melalui proses fisik, kimia dan biologi yang kompleks.



**Gambar 2.5 Logam Berat Merkuri (Hg)**  
(Sumber: Avianbrands.com)

Logam berat merkuri (Hg) saat ini banyak sekali dimanfaatkan dalam “bidang industri baik dalam industri pembuatan amalgam, perhiasan, instrumentasi, fungisida, bakterisida ataupun industri lainnya” (Said, 2017 dalam Sajidah, 2019 hlm. 13). Wujud logam berat merkuri (Hg) dapat dilihat pada Gambar 2.5 diatas.

Merkuri (Hg) tergolong kedalam logam berat yang sangat beracun. Seperti yang dikatakan oleh Mirdat *et.al.*, (2013 dalam Sajidah, 2019 hlm. 13) “merkuri (Hg) merupakan logam berat yang sangat beracun dan mudah bercampur dengan enzim yang ada di dalam tubuh manusia sehingga dapat mengakibatkan hilangnya kemampuan enzim sebagai katalisator untuk fungsi tubuh yang penting”.

#### **b. Sumber Merkuri (Hg)**

Logam berat merkuri (Hg) merupakan senyawa alami. Ramadhani (2017, hlm. 9) menjelaskan sebagai berikut:

Sumber alami merkuri adalah cinnabar (HgS) dan mineral sulfida, misalnya sphalerite (ZnS), chalcopyrite (CuFeS) dan galena (PbS). Selain itu, pencemaran logam Hg umumnya berasal dari kegiatan gunung merapi,

rembesan air tanah yang melewati daerah deposit merkuri, penguapan dari air laut pelapukan batuan dan erosi tanah, dan lain-lain.

Selain itu kegiatan manusia merupakan sumber utama pemasok logam merkuri (Hg) ke lingkungan. Kegiatan tersebut salah satunya adalah industri dan kegiatan lainnya yang melibatkan logam merkuri (Hg) sebagai bahan baku utama maupun pelengkap sehingga limbahnya yang dibuang begitu saja dapat mencemari lingkungan (Pratiwi, Y. D, 2020 hlm. 4).

## **H. Logam Berat dalam Lingkungan Perairan**

Dalam jumlah yang tinggi logam berat bersifat toksik dan mampu menyebabkan pencemaran lingkungan serta mempengaruhi biota atau organisme yang ada di dalam perairan. Harahap (2007 dalam Riadi 2019, hlm. 1) mengatakan bahwa “ketika berada dalam ekosistem perairan, logam berat mudah mengikat bahan-bahan organik, mengendap pada dasar perairan dan menyatu dengan sedimen, sehingga kandungannya pada sedimen akan lebih tinggi”.

Logam berat yang terkandung pada perairan dapat berasal dari sumber alam yakni berupa pelapukan batuan dan aktivitas vulkanik (Peng *et.al.*, 2018 dalam Harmahesa 2020 hlm. 2). Selain itu, “logam berat yang masuk ke dalam badan perairan dapat disebabkan juga oleh berbagai aktivitas seperti pertambangan, pelayaran, industri, pertanian, urbanisasi, limbah perkotaan dan limpasan air hujan” (Harmahesa, 2020 hlm. 2). Berkaitan dengan kondisi morfologi dan hidrologi, pada dasarnya logam berat mampu terakumulasi di sepanjang perairan dan jika terakumulasi pada organisme dengan kandungan yang tinggi akan menyebabkan toksik.

Selain itu logam berat mampu terakumulasi pada tumbuhan air seperti eceng gondok. Diketahui bahwa tanaman eceng gondok adalah tanaman hiperakumulator atau dapat diartikan sebagai tanaman yang mampu mengakumulasi logam berat secara alami (Pambudi 2021, hlm. 1). Dikatakan pula oleh Lahenda, *et.al.*, (2015, hlm. 4) “semakin banyak eceng gondok pada air limbah pertambangan maka kadar merkuri (Hg) pada air limbah pertambangan semakin turun”. Eceng gondok mampu bertahan hidup pada lokasi yang tercemar dengan berkembang biak menjadi banyak membentuk rumpun, semakin banyak tanaman eceng gondok diperairan maka

semakin banyak penguapan yang dilakukan oleh tanaman tersebut. Hidayanti (2013 dalam Soeheti *et.al.*, 2020, hlm. 2) menyatakan bahwa “tumbuhan hiperakumulator memiliki tingkat laju penyerapan dan translokasi logam seratus kali lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuhan normal saat mengalami penurunan produksi dan keracunan logam”.

## **I. Pencemaran Ekosistem Perairan Tawar**

Pencemaran yang dilakukan oleh logam berat mampu mengganggu ekosistem dan mengganggu Stabilitas dan keanekaragaman ekosistem perairan. Dari segi ekologi, kerusakan pencemaran logam berat pada ekosistem perairan dapat dipengaruhi oleh tingkat dan sumber pencemar yang masuk ke perairan, sifat toksik dan bioakumulasi. Dijelaskan dalam Undang-Undang No. 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup mengenai pengertian pencemaran sebagai berikut:

Pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan akibat kegiatan manusia atau proses alam. Sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya.

Adanya pencemaran ekosistem diakibatkan oleh tingginya kandungan logam yang terkandung di badan perairan tersebut, angkanya sudah melebihi baku mutu atau ambang batas pencemaran yang ditetapkan oleh pemerintah. Tinggi dan rendahnya kandungan loga berat di perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Dijelaskan oleh Palar (2004) dalam Kadaria (2017 hlm. 2) bahwa “rendahnya kandungan merkuri (Hg) di pengaruhi oleh empat faktor toksisitas logam berat di perairan yaitu: bentuk logam dalam perairan apakah berbentuk senyawa organik atau anorganik, keberadaan logam-logam lain apakah logam tersebut sinergisitas atau tidak, fisiologis organisme yang memiliki kemampuan berbeda dalam mentolerir keberadaan logam berat, dan kondisi biota dengan fase-fase kehidupan yang dilalui oleh biota”.

Kasus pencemaran perairan yang disebabkan oleh logam berat merkuri (Hg) pernah terjadi di Jepang dikenal dengan peristiwa Minamata. Krisno (2017, hlm.8) dalam penelitiannya mengatakan peristiwa Minamata yang terjadi pada tahun 1957.

Kasus keracunan diakibatkan karena masyarakat daerah setempat mengkonsumsi hasil laut yang berasal dari perairan Minamata dan disinyalir mengandung senyawa beracun *Methylmercury*, kejadian tersebut tersebut telah dibuktikan oleh tim dari Fakultas Kedokteran Universitas Kumamoto. Selain itu Krisno (2017, hlm.8) menjelaskan “senyawa *Methylmercury* tersebut akan tinggal di dalam tubuh manusia 10 kali lebih lama dari merkuri yang berbentuk logam dan akan menyebabkan tidak berfungsinya otak, gelisah, kerusakan ginjal dan liver”.

## 1. Air

Air berdasarkan Undang-Undang No.7 Tahun 2004 adalah “semua air yang terdapat pada, di, atas, maupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang berada di darat”. Samadi (2007) dalam AS Asy’ari (2017) menjelaskan bahwa “air adalah senyawa gabungan antara dua atom hidrogen dan satu atom oksigen menjadi H<sub>2</sub>O. Air dapat ditemukan dalam tiga wujud, yaitu padat (es), cair, dan gas (uap air)”. Selain itu Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) menjelaskan pengertian “air adalah cairan jernih tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau yang terdapat dan diperlukan dalam kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan yang secara kimiawi mengandung hidrogen dan oksigen”.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa air merupakan unsur kimia yang tidak memiliki berwarna, tidak berasa dan tidak berbau yang terdapat pada atas maupun bawah permukaan tanah dan diperlukan dalam kelangsungan hidup makhluk hidup.

### a. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air

Secara alami pada perairan merkuri (Hg) tergolong sangat sedikit. Kandungan merkuri (Hg) yang ada di perairan merupakan kontaminasi limbah yang dibuang ke dalam badan perairan tersebut. Lestari dalam Pratiwi (2020 hlm.2) menjelaskan sebagai berikut:

Tingkat kandungan logam dalam air dibagi sesuai dengan tingkat polusi, seperti polusi berat, polusi sedang, dan non-polusi. Air yang mengalami polusi berat biasanya memiliki kandungan logam berat yang tinggi di dalam air dan organisme yang hidup di dalamnya. Pada tingkat polusi sedang, kandungan logam berat dalam air dan organisme dalam air berada dalam batas marginal.

Adapun pada tingkat non- polusi, kandungan logam berat dalam air dan organisme sangat rendah dan bahkan tidak terdeteksi.

Logam berat yang masuk kedalam tubuh organisme sangat berbahaya, karena mampu mengganggu proses metabolisme. Jika kandungan logam berat diatas ambang batas mampu membuat organisme tersebut keracunan bahkan bisa menimbulkan kematian. Berikut ambang batas yang ditetapkan untuk perairan.

**Tabel 2.2: Baku Mutu Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air**

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Merkuri (Hg)	Mg/l	0,001

Sumber: Permenkes Republik Indonesia No. 492 tahun 2010

## 2. Sedimen

Sedimen merupakan suatu komponen abiotik pada perairan yang terdiri dari batuan fisis dan kimia. Partikel sedimen bentuknya beragam ada yang kecil hingga yang besar. Kaitannya dengan pencemaran logam pada perairan, dapat terjadi pula pada bagian sedimen sebagaimana terjadi pada air. Lebih jauh, kandungan pencemaran logam pada bagian sedimen justru lebih tinggi dibandingkan kandungan logam pada air apalagi pada perairan lentik atau perairan tenang seperti danau atau waduk.

Menurut Langbein Kironoto (1996) dalam Adnan *et.al.*, (2018 hlm. 9) menjelaskan “secara geologi sedimen didefinisikan sebagai fragmen-fragmen material yang diendapkan oleh air atau angin”. Selain itu penyebab adanya sedimentasi menurut Suripin (2003) dalam Mustiara (2018 hlm. 3) “sedimentasi terjadi akibat dari erosi yang terdapat pada daerah yang lebih rendah, terutama pendangkalan mulut kanal. Material erosi yang dibawa aliran air dari hulu, pada saat memasuki daerah/ saluran yang ditandai, tidak semuanya mampu hanyut kehilir, sebagian akan terendapkan disepanjang perjalanan disaluran sungai yang dilewati”. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sedimen merupakan material atau pecahan batuan yang dibawa oleh aliran air dari hulu dan mengendap di daerah yang lebih rendah.

### a. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Sedimen

Pencemaran logam berat merkuri pada sedimen disebabkan karena sifat logam berat yang tidak mudah dihancurkan sehingga dapat mengendap didasar perairan dan nantinya akan terakumulasi pada sedimen. Seperti yang dikemukakan oleh Supriyantini, *et.al.*, (2015 hlm. 42) menjelaskan bahwa “kandungan logam berat pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan pada air, ini disebabkan oleh adanya sedimentasi yang dialami oleh logam berat tersebut”. Logam berat merkuri (Hg) yang terakumulasi pada sedimen mampu mempengaruhi organisme yang ada pada perairan tersebut. Adapun baku mutu yang ditetapkan pada sedimen berkaitan dengan merkuri (Hg) adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.3: Baku Mutu Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Sedimen**

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan (Level Target)
Merkuri (Hg)	Mg/L	0,03

Sumber: IADC/CEDA (1997)

Keterangan:

1) Level target

Logam berat merkuri (Hg) yang ada didalam sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari level target, sehingga tidak terlalu mencemari lingkungan.

### 3. Ikan

Dijelaskan dalam Undang-Undang No.45 Tahun 2009 bahwa “ikan adalah segala jenis organisme yang seluruh atau sebagian dari siklus hidupnya berada dilingkungan perairan”. Selain itu, Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) menjelaskan “Ikan ialah binatang bertulang belakang yang hidup di air, berdarah dingin, umumnya bernapas dengan insang, biasanya tubuhnya bersisik, bergerak dan menjaga keseimbangan badannya dengan menggunakan sirip”. Sementara Adrim (2010) dalam Pratama (2020, hlm. 1) menerangkan bahwa “ikan adalah kelompok hewan bertulang belakang (vertebrata) yang hidup dalam air dan memiliki insang yang digunakan untuk mengambil oksigen yang terlarut dari air serta memiliki sirip yang berguna untuk berenang”. Sehingga dapat dikatakan

bahwa ikan merupakan kelompok hewan bertulang belakang yang memiliki insang untuk mengambil oksigen dan sirip untuk berenang serta hidup di dalam perairan.

Salah satu spesies ikan air tawar adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*). “Ikan nila merupakan salah satu jenis ikan perairan tawar yang mudah didapatkan dan banyak dibudidayakan di Indonesia serta banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena harganya yang ekonomis dan rasanya yang lezat” (Rahmiati *et.al*, 2020 hlm. 2). Ikan nila merupakan spesies ikan air tawar yang memiliki pertumbuhan sangat cepat, mudah dikembangbiakan, dan ikan ini juga tahan terhadap penyakit serta toleransi terhadap lingkungannya (Pramleonita *et.al*, 2018 hlm. 2). Sementara itu, ikan nila merupakan hewan omnivora atau pemakan hewan dan tumbuhan sehingga potensi akan terakumulasi logam berat sangat tinggi (Hidayah, 2012 dalam Purwanto, 2020 hlm. 6).

#### **a. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Ikan**

Pencemaran yang dilakukan oleh logam berat merkuri (Hg) pada biota perairan khususnya ikan sangat berdampak buruk karena sifatnya yang mudah larut dan terikat dalam jaringan tubuh organisme air. Ramadhani (2017 hlm. 61) menjelaskan pencemaran perairan oleh logam berat merkuri (Hg) memiliki pengaruh yang besar bagi ekosistem, hal tersebut disebabkan oleh kelarutannya yang rendah dalam air, sifatnya yang stabil dalam sedimen, dan kemudahannya terakumulasi kedalam jaringan tubuh organisme air, melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi yaitu melalui rantai makanan.

Selain itu Darmono (2001 dalam Ramadhani, 2017 hlm. 62) menjelaskan bahwa masuknya logam berat bisa melalui beberapa cara sebagai berikut:

Pencemaran perairan oleh merkuri mempunyai pengaruh terhadap ekosistem setempat yang disebabkan oleh sifatnya yang stabil dalam sedimen, kelarutannya yang rendah dalam air dan kemudahannya diserap dan terkumpul dalam jaringan tubuh organisme air, baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi yaitu melalui rantai makanan.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa logam berat dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan dan mampu mengganggu kesehatan manusia yang mengkonsumsi ikan tersebut. Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387 telah

menetapkan baku mutu logam berat merkuri (Hg) bagi ikan konsumsi yakni sebagai berikut:

**Tabel 2.4: Baku Mutu Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Ikan**

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Merkuri (Hg)	mg/kg	0,5

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387

## J. Metode Analisis Logam Berat Merkuri (Hg) dengan ICP-OES

Dikutip dari laman UPT LTSIT Universitas Lampung (2020), berkaitan dengan metode ICP-OES sebagai prosedur analisis kandungan logam berat.

*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) adalah salah satu teknik analisis yang digunakan untuk penentuan kadar logam multi-unsur yang menggunakan sumber plasma untuk merangsang atom dalam sampel. Atom-atom memancarkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu, dan intensitas cahaya yang dipancarkan diukur oleh detektor, yang mana berhubungan dengan kandungan. 60 unsur dapat dianalisis dalam sampel tunggal dalam waktu kurang dari satu menit secara bersamaan, atau dalam beberapa menit.

Dari penjelasan tersebut maka dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa beberapa keuntungan yang diperoleh dengan metode analisis logam *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) yakni sebagai berikut:

1. Mampu menganalisis semua elemen dengan pengecualian Argon; karena sensitifitas panjang gelombang bervariasi untuk setiap penentuan suatu unsur.
2. ICP cocok untuk semua kandungan;
3. ICP tidak memerlukan sampel yang banyak;
4. Deteksi batas umumnya rendah untuk elemen dengan jumlah 1 - 100 g/l.
5. Keuntungan terbesar menggunakan ICP dalam analisis kuantitatif adalah dapat mewujudkan analisis multi-elemen, dan kecepatannya cukup cepat.

Meskipun ICP-OES memiliki banyak kelebihan, namun alat analisis ini masih memiliki beberapa kelemahan. Menurut Prihatin (2016 hlm. 22) kelemahan ICP-OES yakni terletak pada limit deteksinya yang hanya bisa mengukur sampai kurang lebih 100ppb, di bawah kandungan tersebut ICP-OES belum bisa mendeteksi kandungan di dalam sampel. Sajidah (2019, hlm. 32) juga mengungkapkan yang

mengatakan bahwa instrumen pengukuran memiliki keterbatasan yakni hanya mampu mendeteksi nilai diatas 1 - 100 g/l sehingga kandungan yang terlalu rendah tidak mampu dideteksi oleh alat.

### **K. Hubungan Faktor Fisika dan Kimia Perairan dengan Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg)**

Kondisi lingkungan atau faktor fisika dan kimia perairan tentunya komponen yang sangat penting sebagai penentu apakah perairan tersebut tercemar atau tidak. Dalam kaitannya dengan logam berat merkuri (Hg) pada lingkungan perairan, faktor fisika dan kimia mengambil peran penting sebagai penentu kandungan merkuri (Hg) yang ada pada perairan tersebut. Dijelaskan oleh Schuhmacher *et.al.* (1993 dalam Suteja, hlm. 5) bahwa “pengaruh suhu akan signifikan terhadap kandungan Hg pada saat rentang suhunya sangat tinggi, misalkan antara musim dingin dan musim panas”. Selain itu Begum, *et.al.*, (2009 dalam Supriyantini, *et.al.* 2015 hlm. 4) yang menjelaskan bahwa pH dibawah 7 akan melarutkan logam. Lebih lanjut Supriyantini, *et. al.* (2015 hlm. 4) menjelaskan apabila pH rendah maka akan mengakibatkan terjadinya proses korosif yang melarutkan logam besi dan logam lainnya pada air. Sementara Hutagalung (1991 dalam Adani, 2018 hlm. 8) menyatakan bahwa “kelarutan logam berat berada pada pH yang lebih rendah, sehingga toksisitas logam tersebut akan besar”. Kandungan logam berat juga dipengaruhi oleh faktor musim. Seperti yang dijelaskan oleh Briyan (1976 dalam Firmansyaf, 2013 hlm. 49) menjelaskan bahwa “kandungan logam pada musim penghujan akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan musim kemarau, hal ini berkaitan dengan laju erosi atau partikel pada perairan tersebut”.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat merkuri pada perairan berhubungan erat dengan kondisi fisika dan kimia perairan tersebut, faktor tersebut akan menunjang seberapa besar kandungan merkuri (Hg) yang terdapat pada air, sedimen serta ikan yang ada di lingkungan perairan. Baku mutu telah ditetapkan untuk menunjang kualitas perairan sebagai berikut:

**Tabel 2.5: Baku Mutu Parameter Fisika dan Kimia Perairan**

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Suhu	°C	Deviasi 3
Kecerahan	Meter	-
pH	-	6 – 9
Do	mg/L	>4 mg/L

Sumber: PP No. 82 (2001) untuk kegiatan budidaya ikan air tawar (kelas II)

#### L. Penentuan Kualitas dan Status Perairan

Penentuan status perairan atau keadaan perairan ditentukan berdasarkan kondisi fisika dan kimia yang terdapat pada perairan tersebut. Setelah dilakukan pengujian dan analisis deskriptif dan dibandingkan dengan pegangan baku mutu yang berlaku, maka didapatkan kesimpulan mengenai kondisi perairan tersebut. Perairan yang dimaksud meliputi elemen-elemen yang terkait dengan kondisi perairan itu sendiri yakni sedimen (endapan) serta biota yang hidup di perairan itu. Pengujian dilakukan kemudian hasilnya dibandingkan dengan baku mutu atau standar yang berlaku baik pada air, sedimen maupun biota misalnya ikan yang diambil dari perairan tertentu.

Kondisi perairan di Indonesia telah diatur berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, yang mana status perairan dibagi kedalam empat kategori yang didasarkan dengan peruntukan air tersebut. Lebih jauh pembagian atau klasifikasi air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.6: Klasifikasi Air Berdasarkan Peruntukannya**

No.	Kelas	Peruntukan
1.	I (Satu)	Air yang digunakan sebagai air baku minum, atau air dengan nama lain yang mempersyaratkan mutu yang sama dengan air yang digunakan.
2.	II(Dua)	Air yang digunakan untuk sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air irigasi pertanian atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan peruntukannya.
3.	III (Tiga)	Digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, air irigasi pertanian atau air lain yang membutuhkan air yang sama untuk keperluan tersebut.
4.	IV(Empat)	Air yang digunakan untuk irigasi, pertanian, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan peruntukannya.

Sumber: [simatu.pu.go.id](http://simatu.pu.go.id)

Selain diklasifikasikan berdasarkan peruntukannya yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, klasifikasi air ditentukan juga menggunakan sistem nilai yang dikeluarkan oleh US-EPA (*Environmental Protection Agency*) dan tercantum dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003.

Djokosetiyanto (2005 dalam Hermawan 2017, hlm. 3) menjelaskan, untuk menentukan status mutu perairan dapat menggunakan metode STORET yang telah dikeluarkan oleh EPA (*Environmental Protection Agency*), metode ini dapat melihat kualitas suatu perairan dengan membandingkannya dengan baku mutu perairan. Penentuan status mutu air tersebut berdasarkan parameter fisika, kimia dan biologi. Kualitas perairan yang baik akan sesuai dengan peraturan yang telah dikeluarkan oleh pemerintah dengan kadar kandungan maksimum yang telah ditentukan (baku mutu). Sedangkan untuk menilai lebih jauhnya mengenai air tersebut baik atau tidak dinilai dengan menggunakan metode STORET. Selanjutnya air yang telah dinilai diklasifikasikan berdasarkan empat kelas yang telah dikeluarkan oleh EPA (*Environmental Protection Agency*) yaitu:

1. Kelas A : baik sekali, skor = 0 : Memenuhi baku mutu
2. Kelas B : baik, skor = -1 s/d -10 :Cemar ringan
3. Kelas C : sedang, skor = -11 s/d -30 :cemar sedang
4. Kelas D : buruk, skor  $\geq$  -31 : cemar berat

KepMen LH Nomor 115 Tahun 2003 menjelaskan prosedur dalam menentukan kualitas air dengan menggunakan metode STORET yakni sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data kualitas air yang didalamnya terdapat parameter fisika, kimia dan biologi.
2. Bandingkan data tersebut dengan baku mutu yang telah ditetapkan dari masing-masing parameter air.
3. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran < baku mutu) maka diberi skor 0.
4. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air maka (hasil pengukuran > baku mutu) maka diberi skor :

**Tabel 2.7 : Penentuan Sistem Nilai untuk Menentukan Status Mutu Air**

Jumlah Contoh*	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-Rata	-3	-6	-9
>10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-Rata	-6	-12	-18

Sumber: Canter (1977 dalam KepMen LH Nomor 115 Tahun 2003)

\*Jumlah parameter yang digunakan untuk penentuan status mutu air.

- Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan kualitas status mutu.

## M. Hasil Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.8: Tabel Penelitian Terdahulu**

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Nurfadhilla, N., Nurruhwati, I., Sunardi, & Zahidah. (2020)	Tingkat Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Tutut (Filopaludina Javanica) Di Waduk Cirata, Jawa Barat.	Waduk Cirata, Jawa Barat.	Menggunakan metode survey dan penentuan lokasi pengambilan sampel dengan <i>purpose sampling</i> , sedangkan analisis sampel menggunakan metode <i>Atomic Absorbsion</i>	Hasil dari Penelitian ini memperlihatkan kandungan air sudah melebihi ambang batas baku mutu sehingga perairan dapat dikategorikan sudah tercemar sedangkan nilai kandungan yang dihasilkan pada	1. Penelitian dilakukan di Waduk Cirata, Jawa Barat 2. Metode survey dan penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan	1. Pada penelitian terdahulu logam yang di uji Timbal (Pb) 2. Objek yang diteliti pada penelitian terdahulu

				<i>Spectrophotometer</i> (AAS).	substrat dan tutut belum melebihi ambang batas baku mutu sehingga dikategorikan belum tercemar.	purpose sampling	adalah hewan tutut 3. Metode uji sampel yang digunakan pada penelitian terdahulu adalah AAS.
2.	Julia Putri Adani, Eka Wardhani, Kancitra Pharmawati (2018)	Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) di Air Permukaan dan Sedimen Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat	Perairan Waduk Saguling, Jawa Barat	Metode yang digunakan yaitu metode survey dan observasi, sedangkan analisis sampel menggunakan metode <i>Inductively</i>	kandungan timbal (Pb) pada perairan tersebut masih memenuhi baku mutu sedangkan seng (Zn) sudah melebihi baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II.	1. Desain penelitian / pengambilan sampel terdiri atas beberapa stasiun	1. Penelitian dilakukan di perairan Waduk Saguling, Jawa Barat 2. Pada penelitian terdahulu

				<i>Coupled Plasma Mass Spectrometry</i>	Sedangkan pada sedimen, kandungan Timbal (Pb) masih memenuhi baku mutu ANZECC (2000).		logam yang diuji adalah Pb dan Zn 3. Metode uji sampel yang digunakan pada penelitian terdahulu adalah ICP-MS
3.	Adang Saputra (2009)	Pengamatan Logam Berat Pada Sedimen Perairan Waduk Cirata	Perairan Waduk Cirata, Jawa Barat	Metode yang dilakukan adalah metode survey dan penentuan lokasi pengambilan sampel dengan	Hasil analisis mengungkapkan bahwa kandungan logam berat di Waduk Cirata dari yang tertinggi	1. Penelitian dilakukan di Waduk Cirata, Jawa Barat 2. Pada penelitian	1. Objek yang diteliti pada penelitian terdahulu adalah ikan patin

				<p>purpose sampling, sedangkan analisis sampel menggunakan metode <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS).</p>	<p>hingga terendah yaitu: merkuri (Hg), merkuri (Hg) kemudian disusul oleh logam berat timbal (Pb) dan terakhir logam kadmium (Cd) Sehingga dapat dikatakan bahwa perairan Waduk Cirata sudah dikategorikan tercemar oleh logam berat.</p>	<p>terdahulu logam yang di uji salah satunya merkuri</p> <p>3. Objek yang diteliti adalah sedimen dan ikan</p>	<p>2. Metode uji sampel yang digunakan pada penelitian terdahulu adalah AAS.</p>
--	--	--	--	---	--	--	--

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan analisis dan identifikasi logam berat pada perairan Waduk Cirata berdasarkan tabel 2.2 di atas sebagai berikut:

- a. Penelitian dilaksanakan oleh Nurfadhilla *et al.*, (2020) dengan judul Tingkat Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Tutut (*Filopaludina javanica*) di Waduk Cirata, Jawa Barat yang memperoleh hasil bahwa kandungan logam berat Timbal (Pb) pada air di Waduk Cirata sudah melebihi ambang batas baku mutu sehingga dapat dikatakan bahwa perairan sudah tercemar logam berat. Sedangkan pada substrat dan tutut kandungan logam berat Timbal (Pb) belum melebihi ambang batas baku mutu sehingga dikategorikan belum tercemar.
- b. Penelitian yang sama juga telah dilakukan oleh Julia Putri Adani *et.al.*, (2018) dengan judul Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) di Air Permukaan dan Sedimen Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat memperoleh hasil bahwa kandungan Pb dari dua belas lokasi sampling memiliki kisaran antara 0,0005-0,0421 mg/L. Kandungan Pb terendah terdapat pada titik Muara Ciminyak dan yang tertinggi pada lokasi Nanjung. Kandungan Zn pada perairan berkisar antara 0,1441-0,5976 mg/L dan telah melebihi baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II. Pada sedimen, kandungan Pb berkisar antara 7,9750-26,7217 mg/kg dan masih memenuhi baku mutu ANZECC (2000), sedangkan logam berat Zn berkisar antara 38,9333-234,8783 mg/kg, hanya lokasi Nanjung yang melebihi baku mutu.
- c. Selanjutnya penelitian yang serupa dilakukan oleh Saputra, A. (2009) dengan judul Pengamatan Logam Berat Pada Sedimen Perairan Waduk Cirata. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan logam berat tertinggi yaitu: F (besi) kandungannya sebesar 29,495 mg/kg, Hg (merkuri) kandungannya pada sedimen sebesar 26,83 mg/kg, kemudian disusul oleh logam berat Pb (timbal) sebesar 2,38 mg/kg; dan terakhir logam Cd (kadmium) sebesar 0,29 mg/kg. Tingginya kandungan logam berat pada sedimen tersebut dapat berpotensi meningkatkan akumulasi logam berat pada ikan yang dipelihara baik melalui rantai makanan maupun osmoregulasi. Dari hasil analisis terhadap daging ikan patin ternyata peningkatan akumulasi logam berat terjadi pada akhir pemeliharaan jika dibandingkan dengan awal pemeliharaan.

Melihat dari penelitian yang sebelumnya telah dilakukan berdasarkan uraian di atas berkaitan dengan analisis dan identifikasi logam berat pada perairan Waduk Cirata. Secara umum ketiga penelitian tersebut memiliki korelasi yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Relevansi tersebut diantaranya lokasi penelitian dan metode yang dipakai. Selain itu variabel-variabel penelitian memiliki relevansi yang cukup erat yakni sama-sama mengidentifikasi kandungan logam berat yang ada pada perairan.

#### **N. Kerangka Pemikiran**

Air merupakan komponen ekosistem yang mampu mempengaruhi dan dipengaruhi oleh komponen lain. Kualitas air yang tercemar akan menyebabkan kondisi lingkungan yang keras, yang akan mempengaruhi kesehatan organisme akuatik dan kesehatan organisme yang memanfaatkan air tersebut. Pencemaran air dapat disebabkan oleh proses alamiah dan aktivitas manusia seperti kegiatan industri, pertanian dan KJA.

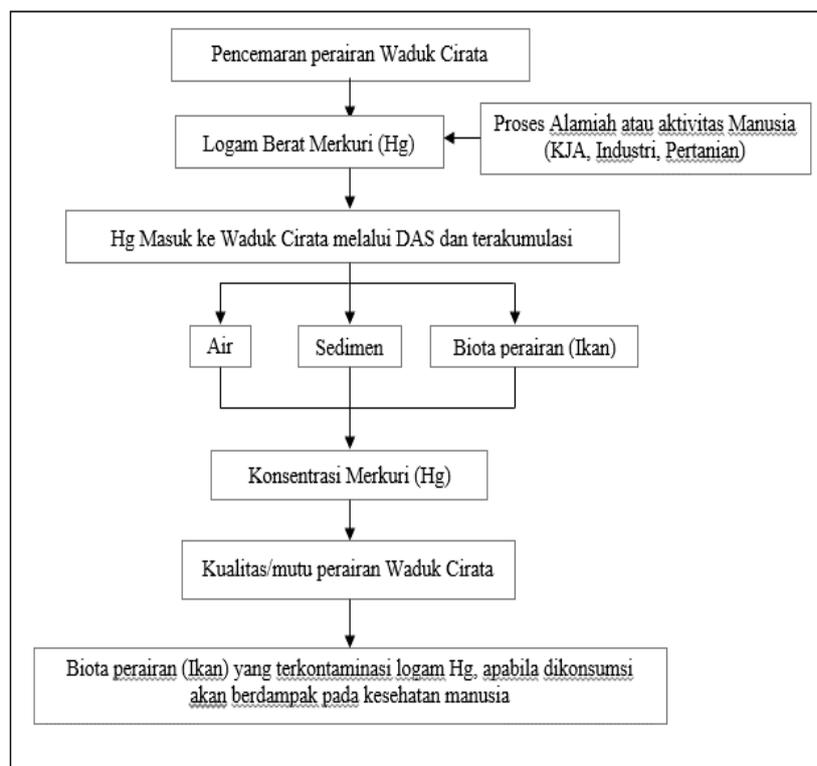
Waduk Cirata yang merupakan muara Sungai Citarum telah teridentifikasi tercemar logam berat khususnya logam berat merkuri (Hg). Logam berat merkuri (Hg) ini dihasilkan oleh kegiatan industri diantaranya industri logam, mesin, kimia, serta farmasi yang dibuang begitu saja ke dalam badan Sungai Citarum. Ada beberapa peneliti membuktikan bahwa DAS yang mengalir ke Waduk Cirata yakni Sungai Citarum telah teridentifikasi adanya cemaran logam berbahaya. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh (Kirana *et al.*, 2019, hlm. 5) menjelaskan bahwa

Nilai EC pada air sungai dan air sumur sudah tercemar dibuktikan dengan analisa kandungan logam berat dapat diidentifikasi terdapat logam merkuri (Hg) yang cukup tinggi di atas ambang batas sehingga air tersebut tidak dapat dikonsumsi oleh warga sekitar, baik untuk air sungai maupun air sumur. Maka tidak menutup kemungkinan Waduk Cirata juga tercemar oleh berbagai logam berat.

“Logam berat yang terdapat pada perairan akan masuk kedalam tubuh makhluk hidup dan akan mengalami biokandungan, bioakumulasi dan biomagnifikasi” (Suryani *et al.*, 2018, hlm. 2). Terjadinya akumulasi logam berat dapat diketahui dari kandungan logam berat yang ada pada perairan tersebut, apakah masih dibawah

batas maksimum atau melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan. Sekecil apapun logam berat yang terkandung dalam badan perairan akan menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada tubuh ikan. Seperti yang dijelaskan oleh (Asante *et al.*, 2014 dalam Suryani *et al.*, 2018, hlm .2) “bahwa tingkat bioakumulasi logam berat dalam organisme tergantung pada kemampuan organisme dalam metabolisme logam dan keberadaan kandungan logam di dalam perairan”. Masuknya logam berat pada ikan dapat melalui dua cara yaitu secara fisis dan biologi. Secara fisis yakni perpindahan melalui bagian fisik misal insang, kulit dan lubang membran lainnya, sedangkan secara biologis yakni melalui sistem rantai makanan.

Dapat dilihat dari temuan tersebut maka logam berat yang masuk ke badan sungai mapu menurunkan kualitas air yang nantinya akan berpengaruh terhadap organisme air yang hidup didalamnya maupun manusia yang hidup di darat. Ikan yang dikonsumsi manusia dalam jangka panjang akan menimbulkan gangguan kesehatan.



**Gambar 2.6 Kerangka Pemikiran  
(Sumber: Dokumen Pribadi)**

### **O. Keterkaitan Hasil Penelitian dengan Pembelajaran Biologi**

Merujuk kepada tujuan praktis penelitian bagi dunia pendidikan, penelitian ini sudah semestinya memiliki implikasi dengan dunia pendidikan atau pembelajaran di sekolah. Oleh karena itu, jika dikorelasikan dengan praktik pendidikan atau pembelajaran di sekolah, maka penelitian mengenai “Uji Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air, Sedimen dan Ikan di Perairan Waduk Cirata” ini tentu saja berkaitan dengan pembelajaran biologi khususnya jenjang Sekolah menengah Atas (SMA). Penelitian ini menyajikan secara faktual kondisi ekosistem perairan tawar yang secara spesifik membahas persoalan pencemaran pada lingkungan perairan yaitu waduk atau bendungan. Seperti diketahui bahwa waduk adalah salah satu jenis ekosistem perairan buatan yang juga merupakan salah satu konsep kajian biologi SMA. Adapun data-data yang dimuat atau disajikan dalam penelitian ini yaitu mengenai kondisi fisika dan kimia perairan atau biasa disebut kondisi klimatik. Kondisi klimatik yang dimaksud diantaranya suhu air, tingkat kecerahan air, pH air, serta kondisi kandungan logam berat yang terdapat pada air, sedimen dan ikan di perairan Waduk Cirata. Jika dikaitkan dengan pembelajaran biologi, hasil penelitian ini dapat menjadi contoh konkret bagi peserta didik terkait ekosistem dan permasalahannya berupa pencemaran logam berat yang membahayakan.

Sementara itu, meninjau kurikulum pembelajaran di tingkat SMA, hasil penelitian ini yang berkaitan dengan ekosistem dan pencemaran sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD) 3.11 yaitu “menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan” dan 4.11 yakni “Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di lingkungan sekitar”. KD tersebut terdapat dalam kurikulum 2013 kelas X SMA. Oleh karena itu, data hasil penelitian ini relevan dan dapat dijadikan rujukan untuk menunjang tercapainya pembelajaran biologi di SMA kelas X sebagai bahan ajar.