

## **BAB II**

### **KAJIAN TENTANG EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR, LOGAM BERAT DAN PENCEMARAN**

#### **A. Ekosistem**

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

Hubungan yang erat dan saling memberikan pengaruh antara organisme (biotik) dan lingkungan sekitarnya (abiotik) disebut dengan ekosistem. Kesatuan organisme dan lingkungan fisik dalam suatu wilayah yang menjadikannya saling mempengaruhi sehingga menyebabkan arus energi membentuk keanekaragaman biotik, struktur makanan dan berbagai daur dari bahan dalam suatu sistem. (Odum, 1993, hlm. 10). Menurut Transley (1935) dalam Mulyadi (2010, hlm. 1) yang memperkenalkan istilah ekosistem untuk pertama kalinya, menjelaskan bahwa “ekosistem merupakan hubungan saling mempengaruhi secara timbal balik komponen biotik (tumbuhan, hewan, manusia dan mikroba) dan komponen abiotik (cahaya, udara, air, tanah, dsb) di alam, hubungan antar komponen ini membentuk ekosistem”.

Mulyadi (2010, hlm. 1) Mengatakan “Ekosistem terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Menurut pendapat lain ekosistem juga dapat diartikan sebagai unit utama dalam kajian ekologi yang merupakan suatu sistem dari fungsi organisme – organisme bersama dengan lingkungan hidupnya.” Dapat disimpulkan ekosistem merupakan sekumpulan organisme hidup dan tidak hidup yang memiliki hubungan timbal balik dengan lingkungannya.

#### **B. Komponen Ekosistem**

Sitanggang *et. al* (2015 hlm.4) mengelompokkan komponen penyusun ekosistem dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- a. Komponen Biotik adalah bagian dari suatu ekosistem yang terdiri atas makhluk hidup. Berdasarkan fungsi di dalam ekosistem, komponen biotik dapat

dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu produsen, konsumen, dan *decomposer* (pengurai).

- b. Komponen Abiotik adalah bagian dari suatu ekosistem yang terdiri dari makhluk tak hidup. Komponen abiotik terdiri atas cahaya, udara, air, tanah, suhu dan mineral. Setiap makhluk hidup tidak mampu hidup sendiri tanpa bantuan lingkungan disekelilingnya. Setiap makhluk hidup sangat bergantung pada makhluk hidup lain dan sumber daya alam yang ada disekitarnya yang digunakan untuk keperluan pangan, pertumbuhan, perlindungan dan perkembangbiakan.

Pada prinsipnya hubungan makhluk hidup dan lingkungan, baik biotik maupun abiotik merupakan hubungan timbal balik yang rumit dan kompleks. Keseimbangan ekosistem dapat terjadi bila ada hubungan timbal balik diantara komponen-komponen ekosistem. Dalam ekosistem terjadi proses interaksi, baik antara komponen biotik dengan abiotik atau sebaliknya, keduanya saling mempengaruhi.

### **C. Ekosistem Perairan Tawar**

Utomo, *et.al.* (2014, hlm. 3) menjelaskan mengenai ekosistem perairan air tawar merupakan lingkungan perairan yang ada di daratan. Dalam definisi lain perairan darat merupakan perairan yang hanya terdapat pada suatu permukaan daratan dan biasanya lokasi atau permukaan lebih tinggi daripada permukaan laut. Perairan tersebut bisa mengalir dari lokasi yang lebih tinggi ke lokasi yang lebih rendah yang setara dengan permukaan laut dan berakhir di laut. Oleh sebab itu ekosistem ini terdapat pada suatu daratan, maka tentu saja dipengaruhi oleh sifat dan karakteristik daratan itu sendiri contohnya suhu, cuaca, cahaya matahari dan faktor lingkungan lain yang berpengaruh terhadap ekosistem tersebut.

Muhtadi dan Cordova (2016, hlm.7) Ekosistem perairan tawar secara umum dibagi menjadi 2 sebagai berikut:

Perairan mengalir (*lotic water*) dan perairan menggenang (*lentic water*). Perairan lotik dicirikan adanya arus yang terus menerus dengan kecepatan bervariasi sehingga perpindahan massa air berlangsung terus-menerus, contohnya antara lain: sungai, kali, kanal, parit dan lain-lain. Perairan menggenang disebut juga perairan tenang yaitu perairan dimana aliran air lambat atau bahkan tidak dan massa air

terakumulasi dalam periode waktu yang lama, Contohnya perairan tergenang adalah danau dan sungai.

## 1. Danau

Koosbandiah (2014, hlm. 34-38) menjelaskan tentang pengertian danau sebagai berikut:

Danau merupakan perairan lentik berbentuk cekungan, yang menempati suatu daerah yang relatif memiliki luas lebih kecil dibandingkan dengan lautan dan daratan. Genangan air pada danau memiliki permukaan air yang lebih tinggi dari permukaan air laut. Danau terbentuk karena terjadinya proses kejadian alam yang sangat bervariasi, sehingga karakteristik danau berlainan sesuai dengan kejadiannya.

Berdasarkan tingkat kesuburannya, perairan danau dapat diklasifikasikan menjadi empat kriteria (Effendi, 2003, hlm. 37 – 38) yaitu:

- a. Oligotrofik (miskin unsur hara dan produktivitas rendah), yaitu perairan dengan produktivitas primer dan biomassa yang rendah. Perairan ini memiliki kadar unsur hara nitrogen dan fosfor rendah, namun cenderung jenuh dengan oksigen.
- b. Mesotrofik (unsur hara dan produktivitas sedang), yaitu perairan dengan produktivitas primer dan biomassa sedang. Perairan ini merupakan peralihan antara oligotrofik dan eutrofik.
- c. Eutrofik (kaya unsur hara dan produktivitas tinggi), yaitu perairan dengan kadar unsur hara dan tingkat produktivitas primer tinggi. Perairan ini memiliki tingkat kecerahan yang rendah dan kadar oksigen pada lapisan *hipolimnion* dapat lebih kecil dari 1 mg/L.
- d. Distrofik, yaitu perairan yang banyak mengandung bahan organik misalnya asam humus dan *fulvic*.

Kadar fosfor, nitrogen dan beberapa parameter kualitas air dapat dijadikan indikator untuk keperluan klasifikasi kesuburan suatu perairan. Seperti pada Gambar 2.1 dan 2.2 dibawah ini.

Parameter	Klasifikasi Kesuburan		
	Oligotrof	Mesotrof	Eutrof
1. Fosfor total (mg/liter)	< 10	10 – 20	> 20
2. Nitrogen total (mg/liter)	< 200	200 – 500	> 500
3. Klorofil (mg/liter)	< 4	4 – 10	> 10
4. Kecerahan <i>secchi disk</i> (m)	> 4	2 – 4	< 2
5. Persentase kadar oksigen saturasi pada lapisan hipolimnion	> 80	10 – 80	< 10
6. Produksi fitoplankton (g C/m <sup>2</sup> /hari)	7 – 25	75 – 250	350 – 700

**Gambar 2. 1 Tingkat Kesuburan Danau dan Waduk Berdasarkan Kadar Beberapa Parameter Kualitas Air**

(Effendi, 2003, hlm. 39)

Adapun perbedaan karakteristik danau oligotrofik dan eutrofik, dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut.

Oligotrofik	Eutrofik
1. Dalam dan memiliki tepi curam.	1. Dangkal dan memiliki zona litoral luas.
2. E/H kecil.	2. E/H besar.
3. Kecerahan tinggi, air berwarna kebiruan atau kehijauan.	3. Kecerahan rendah, air berwarna kehijauan hingga kuning atau kecokelatan.
4. Kadar kalsium rendah.	4. Kadar kalsium tinggi.
5. Kadar bahan organik pada sedimen dasar sedikit.	5. Pada zona profundal terdapat bahan organik <i>copropel</i> .
6. Oksigen ditemukan pada seluruh lapisan air.	6. Terjadi stratifikasi vertikal oksigen pada musim panas.
7. Tumbuhan air pada zona litoral sedikit.	7. Tumbuhan air pada zona litoral melimpah.
8. Kelimpahan fitoplankton rendah.	8. Kelimpahan fitoplankton tinggi.
9. Jarang terjadi <i>blooming blue-green algae</i> .	9. Sering terjadi <i>blooming blue-green algae</i> .
10. Kelimpahan bentos pada zona profundal sedikit.	10. Biomassa bentos pada zona profundal melimpah.
11. Pada bagian dasar tak ditemukan <i>Chaoborus</i> dan <i>Tanytarsus</i> .	11. Pada bagian dasar ditemukan bentos <i>Chironomus</i> dan <i>Chaoborus</i> .
12. Ditemukan jenis ikan <i>salmonid</i> dan <i>coregonid</i> .	12. Pada zona hipolimnion tidak ditemukan jenis ikan <i>stenothermal</i> .

**Gambar 2. 2 Karakteristik Danau Oligotrofik dan Eutrofik**

(Effendi, 2003, hlm. 42)

## 2. Waduk

Waduk merupakan perairan menggenang atau badan air yang memiliki ceruk, saluran masuk (*inlet*), saluran pengeluaran (*outlet*) dan berhubungan langsung dengan sungai utama yang mengairinya. Waduk umumnya memiliki kedalaman 16 sampai 23 kaki (5-7 m) (Shaw *et al*, 2004 dalam Ardian Lalu dkk 2016, hlm 223). Menurut Perdana (2006) dalam Ardian Lalu dkk (2016, hlm 223) waduk merupakan badan air tergenang (*lentik*) yang dibuat dengan cara membendung sungai, umumnya berbentuk memanjang mengikuti bentuk awal dasar sungai. Berdasarkan pada tipe sungai yang dibendung dan fungsinya, dikenal tiga tipe waduk, yaitu waduk irigasi, waduk lapangan dan waduk serbaguna. Waduk irigasi berasal dari pembendungan sungai yang memiliki luas antara 10 – 500 ha dan difungsikan untuk kebutuhan irigasi. Waduk lapangan berasal dari pembendungan sungai episodik dengan luas kurang dari 10 ha, dan difungsikan untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat di sekitar waduk.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015, mengenai Bendungan, menyatakan “Bendungan merupakan bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton dan pasangan batu yang dibangun untuk menahan dan menampung air dan dapat digunakan sebagai menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk”.

Menurut Perdana (2006) dalam Rosliana Alif (2016, hlm 7 – 8) berdasarkan fungsinya, waduk dikasifikasikan menjadi dua jenis yaitu :

a. Waduk eka guna (*single purpose*)

Waduk eka guna adalah waduk yang dapat digunakan untuk memenuhi satu kebutuhan saja, misalnya untuk kebutuhan air irigasi, air baku atau PLTA. Pengoperasian waduk eka guna lebih mudah dibandingkan dengan waduk multi guna dikarenakan tidak adanya konflik kepentingan di dalam. Pada waduk eka guna pengoperasian yang dilakukan hanya mempertimbangkan pemenuhan satu kebutuhan.

b. Waduk multi guna (*multi purpose*)

Waduk multi guna adalah waduk yang dapat digunakan sebagai kebutuhan, misalnya waduk untuk memenuhi kebutuhan air, irigasi, air baku dan PLTA.

Kombinasi dari berbagai kebutuhan ini dimaksudkan untuk dapat mengoptimalkan fungsi waduk dan meningkatkan kelayakan pembangunan suatu waduk.

Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Waduk adalah merupakan salah satu sumber air untuk menunjang kehidupan dan kegiatan sosial ekonomi masyarakat. Air waduk berfungsi sebagai keperluan seperti sumber bak air minum, irigasi, pembangkit listrik, dan perikanan.“ Pembangunan waduk besar di Indonesia sampai tahun 1995 kurang lebih terdapat 100 waduk yang sebagian besar berlokasi di Pulau Jawa, salah satu diantaranya adalah Waduk Saguling” (Puslitbang SDA, 2004 dalam Permana, 2012, hlm. 4).

Ghufran, M.H, dkk. (2005) dalam Nofiyana, N. (2017, hlm. 9) menjelaskan tentang pemanfaatan waduk sebagai berikut:

Waduk yang terletak disuatu daratan rendah dapat dipakai untuk usaha pemeliharaan ikan-ikan air tawar dengan metode hampang dan metode keramba ialah Keramba Jaring Apung (KJA) di bagian perairan yang dalam. Waduk yang dibangun dataran tinggi umumnya dibangun dengan menutup celah-celah perbukitan sehingga terbentuk badan air yang dalam dan sempit sehingga akan menimbulkan pelapisan air. Pelapisan air akan menyebabkan proses pembusukan bahan organik didasar perairan. Oleh karena itu, kandungan oksigen yang terdapat di waduk rendah, tetapi kandungan ammonia dan gas-gas yang beracun cukup tinggi.

Dengan demikian, Waduk merupakan perairan menggenang atau badan air yang memiliki ceruk, saluran masuk (*inlet*), saluran pengeluaran (*outlet*) dan berhubungan langsung dengan sungai utama yang mengairinya. Berdasarkan pada tipe sungai yang dibendung dan fungsinya, dikenal tiga tipe waduk, yaitu waduk irigasi, waduk lapangan dan waduk serbaguna. Air waduk berfungsi sebagai keperluan seperti sumber bak air minum, irigasi, pembangkit listrik, dan perikanan.

Berdasarkan aspek penggunaannya bendungan atau waduk terbagi atas tiga jenis atau tiga tipe bendungan yaitu bendungan penampung air, bendungan pembelok dan bendungan penahan.

a. Bendungan penampung air (*storage dam*) bendungan tersebut berfungsi sebagai penampung air pada masa surplus yang bertujuan untuk digunakan pada masa

kekurangan. Termasuk dalam bendungan penampung merupakan tujuan rekreasi, perikanan, pengendali banjir dan lain-lain.

- b. Bendungan pembelok (*diversion dam*) adalah bendungan yang digunakan untuk menaikkan permukaan air untuk tujuan dialirkan kepada daerah atau aliran yang memerlukan seperti irigasi dan sebagainya.
- c. Bendungan penahan (*detention dam*) merupakan tipe bendungan yang bertujuan untuk menahan laju air atau sebagai pencegah banjir misalnya. Laju air ditampung secara berkala dan dialirkan atau dikeluarkan melalui pembuangan (*outlet*)

Fauzi (2018, hlm. 8) Menjelaskan tentang peran waduk sebagai berikut:

Dapat dilihat dari dua sudut yaitu sudut ekologi dan sudut tata air. Dari sudut ekologi, bendungan adalah ekosistem yang terdiri dari unsur air, kehidupan akuatik, dan daratan yang dapat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya permukaan air. Dilihat dari sudut tata air, bendungan berperan sebagai reservoir yang dapat dimanfaatkan airnya untuk keperluan sistem irigasi dan perikanan, sebagai sumber air baku, sebagai tangkapan air untuk pengendalian banjir, serta penyuplai air tanah.

Sarono, *et. al.* (2007, hlm. 3-4) menjelaskan beberapa fungsi atau manfaat waduk dalam kaitannya dengan tujuan dibangunnya waduk tersebut yaitu :

- a. Fungsi irigasi, pada musim penghujan air yang tertampung pada daerah tampungan air bendungan akan dialirkan ke sungai-sungai disekitarnya, tetapi pada musim kemarau justru air yang tersimpan akan dimanfaatkan untuk irigasi pertanian
- b. Fungsi penyediaan air baku, di suatu daerah yang minim air bersih seperti diperkotaan, air waduk juga difungsikan sebagai penyediaan air baku minum. Tentu melalui proses pengolahan lebih lanjut.
- c. Fungsi PLTA, PLTA pada suatu bendungan atau waduk biasanya merupakan suatu sistem terintegrasi bahkan menjadi tujuan utama dibangunnya waduk. Besarnya volume air yang dihasilkan oleh bendungan, memungkinkan menjadi daya yang besar juga untuk pembangkit listrik.
- d. Fungsi pengendalian banjir, pada musim hujan air pada daerah tangkapan air akan mengalir ke sungai-sungai sehingga akan menyebabkan banjir pada hilir sungai itu, dengan dibangun bendungan atau waduk maka laju air akan tertahan sehingga tidak menimbulkan banjir.

- e. Fungsi perikanan, sektor perikanan adalah sektor tambahan namun berperan penting bagi masyarakat sekitar waduk. Pembangunan waduk biasanya mengakibatkan masyarakat sekitar tempat perendaman wilayah waduk kehilangan mata pencaharian utamanya karena daerahnya direndam oleh pembangunan waduk, namun setelah waduk itu dibangun, masyarakat beralih menjadi pembudidaya ikan jaring terapung misalnya.
- f. Fungsi pariwisata, dengan pemandangan yang indah waduk juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi atau pemanfaatan lain pada sektor pariwisata yang kaitannya dengan pemanfaatan fungsi perairan waduk misalnya olahraga air dan sebagainya.

#### **D. Waduk Saguling**

Waduk saguling merupakan salah satu dari tiga waduk yang berada pada aliran Sungai Citrum. Penduduk memanfaatkan potensi perairan waduk untuk kepentingan usaha budidaya ikan khususnya Keramba Jaring Apung (KJA) dan sangat membantu bagi peningkatan perekonomian masyarakat di pesisir waduk. Uraian lebih lanjut mengenai profil dan kondisi Waduk Saguling akan diuraikan sebagai berikut.

##### **1. Profil Waduk Saguling**

Waduk saguling dibangun pada tahun 1985, gagasan pembangunan Waduk kaskade sungai Citarum berasal dari para ahli pengairan pada abad ke 19 setelah melalui survei awal antara lain topografi dan hidrologi. Waduk ini merupakan sebuah badan air besar yang memiliki volume air sekitar  $2.165 \times 10^5 \text{ m}^3$ , yang perannya selain menjadi sumber tenaga listrik di pulau Jawa dan Bali, namun dimanfaatkan juga sebagai budidaya ikan dalam Keramba Jaring Apung (KJA), pertanian dan pariwisata. Perubahan peruntukan Waduk yang sebagai mata pencaharian bertani secara ekstensif dan pembudidaya KJA. Adanya perubahan peruntukan tersebut berakibat pada percepatan penurunan kualitas perairan Waduk Saguling (Wangsaatmaja, 2004 dalam Wahyu Rindu dkk, 2017, hlm 2).

Waduk Saguling merupakan waduk buatan yang terletak di Kabupaten Bandung Barat pada ketinggian 643 m di atas permukaan laut. Waduk ini merupakan salah satu

dari tiga waduk yang membendung aliran Sungai Citarum yang merupakan sungai terbesar di Jawa Barat. Dua waduk lainnya adalah Waduk Jatiluhur dan Waduk Cirata dan di kelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) yaitu oleh PT. Indonesia Power. Dengan mempertimbangkan permasalahan lingkungan di daerah tersebut, Saguling ditata-ulang sebagai bendungan multiguna, termasuk untuk kegunaan pengembangan lain seperti perikanan, agri-akuakultular, pariwisata, dan lain-lain. Sekarang waduk ini juga dapat digunakan sebagai kebutuhan lokal seperti mandi, mencuci, bahkan untuk membuang kotoran. Hal ini membuat Waduk Saguling kondisinya lebih mengkhawatirkan ketimbang Waduk Jatiluhur dan Waduk Cirata yang sudah dibangun terlebih dahulu. Hal tersebut terjadi karena sebagai pintu pertama Sungai Citarum, di Saguling inilah semua kotoran “disaring” untuk pertama kali sebelum kemudian disaring kembali oleh Waduk Cirata dan terakhir oleh Waduk Jatiluhur. Daerah sekitaran Waduk Saguling berupa perbukitan, dengan banyak sumber air yang berkontribusi pada waduk. hal tersebut membuat bentuk Waduk Saguling sangat tidak beraturan dengan banyak teluk. Daerah waduk ini asalnya adalah berupa daerah pertanian. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, kualitas pada air Waduk saguling sudah banyak penurunan yang disebabkan oleh pencemaran yang berasal dari kegiatan pertanian, industri, penduduk dan aktivitas budidaya perikanan yang ada di Waduk Sauling (Jabarprov.go.id, 2020)

<b>Dibangun pada tahun</b>	1957
<b>Type Waduk</b>	Urugan batu dengan inti kedap air (rock fill dam)
<b>Tinggi Di Atas Dasar Sungai</b>	97 m
<b>Tinggi Di Atas Galian</b>	99 m
<b>Panjang Puncak</b>	301,4 m
<b>Lebar Puncak</b>	10 m
<b>Elevasi Puncak</b>	650,5 m
<b>Volume Tubuh Bendungan</b>	2,79 juta m <sup>3</sup>
<b>Manfaat</b>	Irigasi Pertanian, Pembangkit Listrik 700 MW
<b>Kapasitas Waduk</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevasi Banjir : 645 m</li> <li>- Elevasi Tertinggi : 643 m</li> <li>- Elevasi Terendah : 623 m</li> <li>- Luas Muka Air Banjir : 53.432 km<sup>2</sup></li> <li>- Luas Muka Air Tertinggi : 48.695 km<sup>2</sup></li> <li>- Luas Muka Air Terendah : 17.407 km<sup>2</sup></li> <li>- Volume Waduk Air Banjir : 982 juta m<sup>3</sup></li> <li>- Volume Waduk Air Tertinggi : 875 juta m<sup>3</sup></li> <li>- Volume Waduk Air Mati : 163 juta m<sup>3</sup></li> <li>- Volume Waduk Air Efektif 609 juta m<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Anak Sungai</b>	Ciminyak, Cibitung, Cipatik, Cilanang, Cihaur, Cijambu, dan Cijenuk
<b>Luas Daerah Tangkapan Air</b>	2.283 km <sup>2</sup>
<b>Curah Hujan Tahunan Rata-Rata</b>	1.221 mm
<b>Curah Hujan Desain</b>	2.322 mm/thn
<b>Debit Tahunan Rata-Rata</b>	80,85 m <sup>3</sup> /det
<b>Debit Desain Pengelak</b>	3.200 m <sup>3</sup> /det

**Gambar 2. 3 Data Teknis Waduk Saguling**  
(Balai Besar Wilayah Sungai Citarum, Dinas PSDA Provinsi Jawa Barat 2008)

Aliran air sungai yang menjadi sumber pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Saguling hingga saat ini kualitasnya semakin menurun, bahkan kandungan gas ammonium dari air sungai yang tercemar itu telah berdampak pada kerusakan komponen dan peralatan PLTA Saguling karena terjadi korosifitas dan mempengaruhi usia dan peralatan. Pencemaran air sungai yang dihasilkan dari industri ataupun pemukiman yang ada di Bandung Raya itu terindikasi dengan bau gas yang menyengat di kawasan PLTA Saguling (Pikiran Rakyat, 2011, dalam Mutiara, A.A. dkk, 2013, hlm 7).

## **2. Kondisi Sosial Ekonomi Waduk Saguling**

Kegiatan utama yang dilakukan di Waduk Saguling adalah aktivitas Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan aktivitas budidaya perikanan dengan sistem Keramba Jaring Apung (KJA). Seperti dikutip dari laman [jabarprov.go.id](http://jabarprov.go.id), 2020, Semula, Waduk Saguling direncanakan hanya untuk keperluan menghasilkan tenaga listrik. Pada taha awal pembangkit tenaga listrik yang dipasang berkapasitas 700 MW, akan tetapi bila di kemudian hari ada peningkatan kebutuhan listrik pembangkit dapat ditingkatkan hingga mencapai 1.400 MW. Badan yang bertanggung jawab dalam pembangunannya yaitu Proyek Induk Pembangkit Hidro (PIKITDRO) dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), Departemen Pertambangan dan Energi sekarang menjadi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

Seiring berjalannya waktu, Waduk Saguling tidak hanya difungsikan sebagai daerah PLTA saja, akan tetapi dapat dimanfaatkan sebagai daerah budidaya ikan dan saluran irigasi. Seperti data yang dihimpun oleh Mulyadi *et. al.* (2011, hlm. 10), lokasi aktivitas perikanan di waduk saguling berpusat di tiga titik utama yakni terletak pada tiga kecamatan yakni kecamatan Cililin, Cipongkor dan Batujajar. Lokasi KJA disetiap kecamatan berbeda-beda, selain itu jenis ikan yang di budidayakan juga berbeda.

## **E. Parameter Kualitas Air**

Air adalah senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan semua makhluk hidup. Sebagian besar kegiatan yang dapat dilakukan manusia dan makhluk hidup lainnya membutuhkan air, mulai dari membersihkan diri, menyiapkan makan dan minuman, hingga proses hidrolisa air untuk fotosintesis, semuanya membutuhkan

kehadiran air. Fungsi air bagi kehidupan tidak akan tergantikan oleh senyawa lainnya (Koosbandiah, 2014, hlm. 2)

Menurut Peraturan Pemerintah No.22 tahun 1990 air, digolongkan menurut peruntukannya menjadi 3 golongan, sebagai berikut :

- a. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung, tanpa pengolahan terlebih dahulu.
- b. Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- c. Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
- d. Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industry, dan pembangkit listrik tenaga air.

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

Dalam penentuan kualitas perairan aspek-aspek lain juga penting menjadi dasar dan pertimbangan penunjang, salah satunya adalah parameter fisika dan kimia perairan. Adani. *et. al.* (2018 hlm. 6) menyatakan parameter fisika dan kimia perairan yang perlu diukur dalam penentuan kondisi perairan yaitu sebagai berikut:

##### **1. Suhu**

Suhu sangat berperan aktif dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan, karena setiap organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan batas bawah) yang disukai bagi pertumbuhannya. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan kelarutan gas ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$ ) dalam air. Peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan peningkatan kecepatan metabolisme dan organisme air yang selanjutnya akan mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan suhu ini akan disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut sehingga keberadaan oksigen sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi (Effendi, 2003, hlm.57). Menurut Wardhana (2004) dalam Eshmat dkk (2014 hlm. 106)

mengatakan bahwa “jika semakin tinggi suhu perairan maka kelarutan logam berat akan semakin tinggi pula”.

## **2. Kecerahan Air**

Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan, yang dapat ditentukan secara visual dengan menggunakan secchi disk yang dikembangkan oleh Professor Secchi pada abad ke-19. Nilai kecerahan dinyatakan dalam satuan meter. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran padatan tersuspensi dan kekeruhan serta ketelitian orang yang melakukan pengukuran. Tingkat kecerahan air dinyatakan dalam suatu nilai yang dikenal dengan kecerahan secchi disk (Effendi, 2003, hlm 59 – 60). Menurut Hamuna Baigo dkk (2018, hlm. 38) Mengatakan bahwa “tingkat kecerahan dan kekeruhan air laut sangat berpengaruh pada pertumbuhan biota laut. Tingkat kecerahan air laut sangat menentukan tingkat fotosintesis biota yang ada di perairan laut”. Menurut Boyd (2003) dalam Funky Ahmad (2018, hlm. 103) menjelaskan bahwa “kecerahan suatu perairan tergantung warna air, kekeruhan dan kedalaman perairan semakin gelap warnanya maka air akan semakin keruh”.

## **3. pH atau Derajat Keasaman**

pH merupakan faktor pembatas bagi organisme yang hidup di suatu perairan. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktivitas ion hydrogen dalam suatu perairan. Nilai pH pada banyak perairan alami berkisar antara 4 sampai 9. Perubahan pH air bergantung pada polutan air, air yang memiliki pH lebih kecil atau lebih besar dari kisaran normal makan akan mempengaruhi kehidupan jasad renik (Merliyana, 2017, hlm 19)

## **4. DO (*Dissolved Oxygen*)**

*Dissolved Oxygen* (DO) merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air dan juga penentuan kandungan pencemaran logam berat didalam suatu perairan, dimana nilai DO yang biasanya di ukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen yang tersedia dalam badan air. Ketika semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan bahwa air tersebut memiliki kualitas yang bagus serta tingkat

pencemaran yang kurang. Jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar logam berat (Eshmat dkk, 2014 dalam Masriadi dkk, 2019, hlm 19).

Derajat oksigen merupakan jumlah oksigen terlarut dalam air dengan satuan mg/L. Menurut Koosbandiah (2014, hlm. 12) Oksigen terlarut dapat mengindikasikan adanya oksigen dalam air yang dibutuhkan oleh seluruh makhluk hidup, untuk pernafasan, proses metabolisme dan pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk proses pertumbuhan dan pembiakan. Jumlah kandungan oksigen di dalam air dipengaruhi oleh suhu, salinitas dan tekanan. Oksigen memiliki peranan penting sebagai indikator kualitas perairan. Karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik (Koosbandiah, 2014, hlm. 12)

### **G. Logam Berat**

Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak akan terpisah dari benda-benda yang bersifat logam. Benda yang digunakan sebagai alat perlengkapan rumah tangga seperti sendok, garpu dan pisau sampai pada tingkat perhiasan mewah yang tidak dapat dimiliki semua orang seperti emas dan perak. Secara langsung dalam kondisi keseharian kita beranggapan bahwa logam berat diidentikan dengan besi yang padat, berat, keras dan sulit dibentuk (Palar, 2004, hlm 21).

Logam adalah bahan pertama dikenal oleh manusia yang digunakan sebagai alat-alat yang berperan penting dalam sejarah peradaban manusia. Logam mula-mula diambil dari pertambangan di bawah tanah (kerak bumi), lalu dicairkan dan dimurnikan dalam pabrik menjadi logam-logam murni. Logam kemudian dibentuk sesuai dengan keinginan misalnya, sebagai perhiasan emas, perak dan peralatan pertanian (Darmono, 1995 dalam Supriadi 2016, hlm 13)

Melihat kepada bentuk dan kemampuan atau daya yang ada pada setiap logam, maka dapatlah diketahui setiap logam haruslah memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik, memiliki kerapatan yang tinggi, dapat membentuk alloy dengan logam lainnya serta untuk logam yang dapat ditempa dan dibentuk (Palar, 2004 dalam Supriadi 2016, hlm 13).

Pada dasarnya logam sangat diperlukan dalam proses produksi dari suatu pabrik, baik pabrik cat, aki atau baterai, sampai pada produksi alat-alat listrik. Bahan yang digunakan oleh pabrik itu dapat berbentuk logam murni, bahan anorganik maupun bahan organik. Jumlah logam yang digunakan bervariasi menurut bentuk dan jenisnya, tergantung pada jenis pabriknya (Darmono, 1995 dalam Supriadi 2016, hlm. 14).

**Karakteristik Logam Berat**

Sifat fisika dengan senyawa kimia Hg, Pb, Cd, Cu dan Zn adalah logam berat yang umumnya tidak mudah untuk didegradasi oleh karena waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi logam berat maka akan mudah diabsorpsi dan terakumulasi pada organisme air. Pada awalnya siklus peredaran logam berat di alam dalam keadaan normal sebelum dipakai sebagai bahan kimia industri, sifat bahan kimia yang mudah membentuk ikatan akhirnya menjadi zat pencemar yang harus diwaspadai (Dolfie dkk, 2008 dalam Supriadi, hlm, 18-19)

Menurut Darmono (2001) dalam Adhani dan Husaini (2017, hlm, 51) karakteristik logam berat sebagai berikut :

- a. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar ( $>4$ )
- b. Mempunyai nomor atom 22 – 34 dan 40 – 50 serta unsur lantana dan aktinida
- c. Mempunyai respon biokimia yang spesifik pada organisme hidup.

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi racun bagi tubuh makhluk hidup apabila ambang batas yang diizinkan (Darmono, 2001 dalam Adhani dan Husaini (2017, hlm, 51).

### **1. Pencemaran Logam Berat**

Menurut Undang-undang No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat (14) menyebutkan bahwa, pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia dengan melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan (Santosa, 2013 dalam Supriadi, 2016, hlm, 21).

Pencemaran logam berat terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam berat tersebut oleh manusia. Pada awal digunakannya logam sebagai alat, belum diketahui pengaruh pencemaran pada lingkungan. (Darmono, 1995 dalam Supriadi, 2016, hlm 21).

## **2. Sumber-sumber Bahan Pencemaran Logam Berat**

Beban pencemar (polutan) adalah bahan-bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Sumber pencemaran yang masuk ke badan perairan dibedakan atas pencemaran yang disebabkan oleh alam polutas (alamiah) dan pencemaran karena kegiatan manusia atau bisa disebut polutas antropogenik (Rahmawati, 2011 dalam Supriadi, 2016, hlm 23)

Menurut Sudarmaji *et. al* (2006) dalam Setiawan Heru (2014, hlm 75-76) menyatakan bahwa Sumber bahan pencemar logam berat menjadi tiga yaitu sebagai berikut :

- a. Sumber dari alam, keberadaan logam berat dapat dijumpai secara alami, misalnya dalam bebatuan maupun pada air hujan serta pada udara.
- b. Sumber dari Industri, industri adalah salah satu penghasil logam berat yang paling berpotensi mencemari lingkungan. Contohnya pada industri yang mekai timbal sebagai bahan baku , seperti industri pengecoran yang dapat menghasilkan timbal konsentrat (*Primary lead*) maupun *secondary lead* yang berasal dari potongan logam (*scrap*), industri baterai yang banyak menghasilkan timbal terutama *lead antimony alloy* dan *lead oxides* sebagai bahan dasarnya serta industri kabel yang dapat menghasilkan logam Cd, Fe, Cr, Au dan Arsenik yang juga membahayakan kehidupan mahkul hidup.
- c. Sumber dari tranportasi, hasil pembakaran dari bahan tambahan (aditive), Pb pada bahan bakar kendaraan bermotor yang menghasilkan emisi Pb in organik. Logam berat Pb tersebut yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan tercampur dengan oli dan melalui proses di dalam mesin maka logam berat Pb akan keluar dari knalpot bersama dengan gas buangan lainnya.

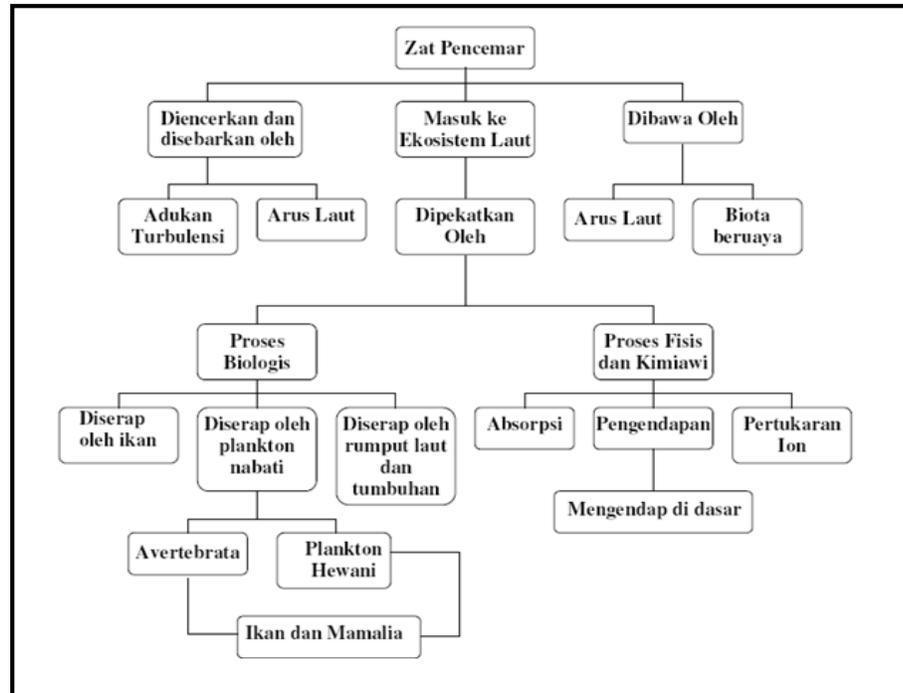
## **H. Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Lingkungan Air**

Logam berat merupakan zat polutan lingkungan yang paling umum dijumpai di perairan. Logam berat memiliki dampak yang sangat negatif bagi kehidupan organisme makhluk hidup. Adanya kandungan logam berat pada organisme yang terakumulasi menunjukkan adanya sumber logam berat yang berasal dari alam atau aktivitas manusia (Mohiduddin, *et, al.*, 2011 dalam Kamarati, *et, al.*, 2018 hlm. 50)

Menurut palar (2012) dalam Riadi (2019, hlm. 1), logam berat memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Mempunyai kemampuan yang baik untuk penghantar daya listrik (konduktor).
- b. Memiliki rapat massa yang tinggi.
- c. Bisa membentuk alloy dengan logam lainnya.
- d. Untuk logam yang padat bisa ditempa dan dibentuk.

Ketika berada didalam suatu ekosistem perairan, maka logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik, mengendap di dasar perairan dan menyatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 2007 dalam Riadi, 2019, hlm. 1). Kaitannya dengan kondisi morfologi dan hidrologi, logam berat pada dasarnya dapat terakumulasi disepanjang perairan, apabila terpapar pada organisme, konsentrasi logam berat yang tinggi dapat berperan sebagai racun yang berbahaya dan terakumulasi pada organ vital organisme tersebut (Akoto, *et, al.*, 2008 dalam Pratama, 2012, hlm. 2).



**Gambar 2. 4 Proses masuknya logam berat ke lingkungan perairan**  
(Adhani dan Husaini, 2017, hlm 63)

Adanya tingkatan rantai makanan menjadikan logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme, dan pada akhirnya dari organisme satu ke organisme lainnya (Yalcin et al, 2008 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm 63). Pengendapan logam berat di perairan yang sudah dijelaskan sebelumnya akan membentuk sedimentasi. Biota laut yang alamiahnya mencari makan di dasar perairan seperti udang, kerang dan kepiting berisiko sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Dengan adanya hierarki rantai makanan, biota laut yang mengandung oleh logam berat tersebut dikonsumsi oleh makhluk hidup yang akan meracuni tubuh makhluk hidup tersebut. (Palar, 2004 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm 63 – 64).

Dari definisi yang telah dikemukakan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa logam berat merupakan zat polutan yang sering dijumpai disuatu perairan. logam berat pada dasarnya dapat terakumulasi disepanjang perairan, apabila terpapar pada organisme, konsentrasi logam berat yang tinggi dapat berperan sebagai racun yang berbahaya dan terakumulasi pada organ vital organisme tersebut.

Secara alamiah logam berat biasanya ditemukan sangat sedikit dalam air, yaitu kurang dari  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Bila terjadi erosi alamiah, konsentrasi logam tersebut dapat

meningkat. Beberapa macam logam lebih dominan daripada logam lainnya dan dalam air tergantung pada asal sumber air (air tanah dan air sungai). Disamping itu jenis air (air tawar, air payau dan air laut) juga mempengaruhi kandungan logam berat didalamnya (Darmono, 2001).

Kadar logam berat dapat meningkat jika terjadi peningkatan limbah yang mengandung logam berat masuk ke dalam laut. Limbah ini berasal dari aktivitas manusia di laut yang berasal dari pembuangan sampah kapal-kapal, penambangan logam di laut dan lain-lainnya. Penyebarannya berasal dari darat seperti limbah perkotaan, pertambangan, pertanian dan perindustrian. Kadar normal logam berat yang masuk ke lingkungan laut dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

**Tabel 2. 1 Baku Mutu Logam Berat Pada Air**

Unsur	Kadar (ppm)
	Normal
Kadmium (Cd)	0,01

(Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001)

Menurut Leckie dan James dalam Palar (2004, hlm 32), kelarutan dari unsur logam dan logam berat dalam badan perairan dikontrol oleh :

- a. Kesamaan atau pH badan air
- b. Jenis dan konsentrasi dari logam dan khelat
- c. Kondisi komponen mineral teroksidasi dan sistem yang berlingkungan redoks.

### **I. Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Sedimen**

Sedimen pada dasarnya merupakan hasil dari pelapukan batuan baik secara kimiawi maupun fisika. Sedimen merupakan item resiko lingkungan, yang mana sedimen menjadi bagian yang lebih tinggi tercemar oleh logam berat. Menurut Komalig dkk, (2010 hlm 16), peran penting sedimen salah satunya adalah mengontrol konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada suatu badan perairan. Pencemaran logam berat pada sedimen merupakan isu yang berkembang dan menjadi perhatian dunia (Singh dkk, 2005, hlm 17).

Menurut Singh dkk, (2005) dalam Sajidah (2019, hlm. 17) logam berat dalam sistem perairan menjadi bagian dari sistem sedimen air dan distribusinya dikontrol oleh reaksi fisika dan kimia secara dinamis dan seimbang, sebagian besarnya diatur oleh pH, konsentrasi dan tipe dari ligan, serta agen tambahan, kondisi oksidasi dari komponen mineral dan kondisi redox dan sistem. Akumulasi logam berat pada sedimen akan menyediakan rekaman secara spasial dan riwayat sementara pencemaran yang terjadi pada suatu badan perairan. Oleh karena itu, pengawasan terhadap sedimen secara bertahan akan menyediakan informasi penting pada berbagai peristiwa polusi.

Baku mutu logam berat dalam sedimen di Indonesia belum ditetapkan sehingga digunakan baku mutu yang dikeluarkan oleh IADC/CEDA (1997).

**Tabel 2.2**  
**Baku Mutu Logam Berat Dalam Sedimen**

Logam Berat	Satuan	Level Target	Level Limit	Level Tes	Level Interval	Level Bahaya
Kadmium (Cd)	Ppm	0,8	2	7,5	12	30

(IADC/CEDA (1997))

Keterangan :

a. Level target

Jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai level target, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan.

b. Level limit

Jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen memiliki nilai maksimum yang dapat ditolerir bagi kesehatan manusia maupun ekosistem.

c. Level tes

Jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen berada pada kisaran antara level limit dan level tes, maka dikategorikan sebagai tercemar ringan.

d. Level intervensi

Jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen berada pada kisaran antara level tes dan level intervensi, maka dikategorikan sebagai tercemar bahaya.

e. Level bahaya

Jika konsentrasi kontaminan berada pada nilai yang lebih besar dari baku mutu level bahaya, maka harus segera dilakukan pembersihan sedimen.

**J. Logam Berat Kadmium (Cd) pada Ikan**

Darmono (2001) dalam Suyanto dkk., (2010, hlm. 34) mengatakan bahwa “ Ikan adalah organisme yang hidup di air dan dapat bergerak dengan cepat. Ikan pada umumnya memiliki kemampuan menghindarkan diri dari pengaruh pencemaran air”. Namun demikian, pada ikan yang hidup dalam habitat yang terbatas seperti sungai, waduk, dan teluk. Ikan itu sulit melarikan diri dari pengaruh pencemaran tersebut. Akibatnya, unsur-unsur pencemaran itu masuk ke dalam tubuh ikan. Terkait dengan itu, secara umum logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernafasan, pencemaran, dan penetrasi melalui kulit. Di dalam tubuh hewan, logam di absorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan keseluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi biasanya dalam detoksikasi (hati) dan ekskresi (ginjal).

Logam berat menjadi bahaya disebabkan oleh sistem biokumulasi. Biokumulasi berarti peningkatan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup sesuai piramida makanan. Hal ini berkaitan dengan salah satu sifat bahan kimia yang terpenting dalam situasi-situasi yang mencakup suatu pengaruh biologis atau pemakaian adalah seberapa jauh bahan kimia itu diserap atau terbiokumulasi. Setelah masuk ke dalam air, logam dapat teradsorpsi pada permukaan padat (sedimen), tetapi larut atau tersuspensi dalam air atau diambil oleh fauna. Ikan dapat mengadsorpsi logam berat khususnya mengadsorpsi kadmium melalui makanannya dan langsung dari air dengan melewati insang, kadmium juga dapat berikatan dengan seluruh jaringan ikan.

Berdasarkan peraturan pemerintah kandungan logam berat pada ikan memiliki ambang batas tertentu. Tabel dibawah ini memiliki ambang batas maksimum logam

berat pada ikan menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018.

**Tabel 2.3**  
**Batas Maksimum Logam Berat Pada Ikan**

Logam Berat	Satuan	Batas Maksimum
Kadmium (Cd)	Ppm	0,10

(Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018)

#### **K. Logam Berat Kadmium (Cd)**

Logam kadmium (Cd) merupakan logam berat yang paling banyak ditemukan pada lingkungan, khususnya lingkungan perairan, serta memiliki efek toksik yang tinggi, bahkan pada konsentrasi yang rendah dan bahkan beracun yang menyebabkan keracunan kronik pada manusia. Tingkat maksimum yang diperbolehkan di perairan kadmium berasal dari beberapa sumber yaitu sumber alami, pertambangan dan industri. Gunung berapi merupakan sumber kadmium terbesar secara alami (Almeida, 2009 dalam Julhidah 2017, hlm. 58)

Logam kadmium mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam. Kadmium merupakan logam yang lunak, ductile, berwarna putih seperti putih perak. Kadmium digunakan sebagai bahan stabilisasi sebagai bahan pewarna dalam industri plastik dan pada electroplating. Logam kadmium dan persenyawaan kadmium nitrat ini berfungsi sebagai bahan untuk mengontrol kecepatan pemecahan inti atom dalam rantai reaksi (reaksi berantai) (Palar, 2004, hlm 116 - 117).



**Gambar 2. 5 Logam Kadmium (Cd)**

Logam kadmium (Cd) memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas, tahan terhadap korosi. Kadmium (Cd) digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik. Kadmium adalah metal berbentuk Kristal putih keperakan. Cd dapat bersama-sama Zn, Cu, Pb, dalam jumlah yang kecil kadmium (Cd) didapat pada industri alloy, pemurnian Zn, peptisida, dan lain-lain. Logam kadmium mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam (Rochyatun dkk, 2006 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm 52).

Berdasarkan sifat-sifat fisiknya, kadmium (Cd) merupakan logam yang lunak *ductile*, berwarna putih seperti putih perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang basah atau lembap serta cepat akan mengalami kerusakan bila dikenai uap amoniak ( $\text{NH}_3$ ) dan sulfur hidroksida ( $\text{SO}_2$ ). Berdasarkan pada sifat kimianya, logam berat kadmium (Cd) didalam persenyawaannya yang dibentuknya umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1+. Bila dimasukkan kedalam larutan yang mengandung ion OH, ion-ion  $\text{Cd}^{+2}$  akan mengalami proses pengendapan. Endapan yang terbentuk dari ion-ion  $\text{Cd}^{+2}$  dalam larutan OH biasanya dalam bentuk senyawa terhidrasi yang berwarna putih (Palar, 2004, hlm 116 - 117). Pada kegiatan pertambangan biasanya kadmium ditemukan dalam bijih mineral diantaranya adalah sulfide green ockite (=xanthochroite), karbonat optative, dan oksida kadmium. Mineral-mineral ini terbentuk berasosiasi dengan bijih sfalerit dan oksidanya, atau diperoleh dari debu sisa pengolahan lumpur elektrolit (Rochyatun dkk, 2006 dalam Adhani dan Husaini, 2017, hlm 52 - 53).

Palar (2004, hlm. 124-125) Menjelaskan tentang gangguan akibat logam kadmium sebagai berikut:

Logam kadmium dapat menimbulkan gangguan, dan bahkan mampu menimbulkan kerusakan pada sistem yang bekerja di ginjal. Kerusakan yang terjadi pada sistem ginjal, dapat dideteksi dari tingkat atau jumlah kandungan protein yang terdapat pada urine. Dan keracunan yang disebabkan oleh peristiwa terhirupnya uap dan atau debu kadmium juga mengakibatkan kerusakan terhadap organ respirasi paru-paru.

Kadmium dan senyawa sangat larut dalam air dibandingkan dengan logam lain. Bioavailabilitas mereka sangat tinggi dan karena itu cenderung bioakumulasi. Paparan jangka panjang untuk kadmium dapat mengakibatkan perubahan morphopathological pada ginjal. Perokok lebih rentan untuk keracunan kadmium dibandingkan non-perokok. Tembakau adalah sumber utama penyerapan kadmium pada perokok seperti tembakau. Non-perokok terkena kadmium melalui makanan dan beberapa jalur lainnya. Namun kadmium penyerapan melalui jalur lain jauh lebih rendah (Mudga *et al*, 2010, hlm 97 ).

#### **L. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)**

Ikan Nila merupakan sejenis ikan konsumsi air tawar. Ikan ini diintroduksi dari Afrika pada tahun 1969, dan kini menjadi ikan peliharaan yang populer di kolam – kolam air tawar dan di beberapa waduk di Indonesia. Nama ilmiahnya adalah *Oreochromis niloticus*, dan dalam bahasa Inggris dikenal sebagai *Nile Tilapia* (Gustiano, 2009, dalam Irmawati Ikke, 2011, hlm. 20).

Ciri pada ikan nila adalah garis vertikal yang berwarna gelap di sirip ekor sebanyak enam buah. Garis seperti itu juga terdapat di sirip punggung dan sirip dubur. Sedangkan ikan mujair tidak memiliki garis-garis vertikal di ekor, sirip punggung, dan di sirip dubur. Seperti halnya ikan nila yang lain, jenis kelamin ikan nila yang masih kecil, belum tampak dengan jelas. Perbedaannya dapat diamati dengan jelas setelah bobot badannya mencapai 50 gram. Ikan nila yang berumur 4-5 bulan (100-150 g) sudah mulai kawin dan bertelur (Amri dan Khairuman, 2003 dalam Irmawati Ikke, 2011, hlm 21).



**Gambar 2. 6 Morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)**

**Klasifikasi Ikan Nila**

- Kingdom : Animalia
- Filum : Chordata
- Sub Filum : Vertebrata
- Kelas : Osteichtes
- Sub Kelas : Acanthopterigii
- Ordo : Percomorphii
- Sub Ordo : Percoidae
- Famili : Cichilidae
- Genus : *Oreochromis*
- Spesies : *Oreochromis niloticus*

Habibat hidup ikan nila cukup beragam, bisa di sungai, danau, waduk, rawa, sawah, kolam atau tambak. Nila dapat tumbuh secara normal pada kisaran suhu 22-38°C dan dapat memijah secara alami pada suhu 22-37°C. Untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan, suhu optimum bagi ikan nila adalah 25-30°C. Ikan nila merupakan jenis ikan yang mudah pemeliharaanya karena tidak banyak menuntut persyaratan air sebagai media hidupnya (Khairul dan Khairuman, 2008 dalam Irmawati Ikke, 2011, hlm 22).

### M. *Inductively Coupled Plasma (ICP)*

ICP merupakan perangkat canggih untuk penentuan logam dalam berbagai matriks sampel yang berbeda. ICP dikembangkan untuk spektrometri emisi optik oleh Fassel dkk. di *Iowa State University*, Amerika Serikat dan oleh Greenfield *et. al.* di Albright dan Wilson, Ltd, Inggris pada pertengahan 1960-an. Instrumen ICP yang tersedia secara komersial pertama kali diperkenalkan pada tahun 1974 (Hou dan Jones, 2000 dalam, Permatasari, 2017, hlm 18).

Menurut Noerpitasari (2012) dalam Permatasari (2017, hlm 19), Material yang akan dianalisis dengan alat ICP harus berbentuk larutan yang homogen. Sebelum dianalisis dengan ICP, sampel harus dilarutkan terlebih dahulu menggunakan pelarut yang sesuai. Larutan dalam bentuk pelarut air lebih disukai daripada pelarut organik, karena larutan organik memerlukan perlakuan khusus sebelum diinjeksikan ke dalam ICP. Prinsip umum pada pengukuran ini adalah mengukur intensitas energi/radiasi yang dipancarkan oleh unsur-unsur yang mengalami perubahan tingkat energi atom (eksitasi atau ionisasi). Larutan dihisap dan dialirkan melalui *capillary tube* ke *nebulizer*. *Nebulizer* mengubah larutan menjadi *aerosol*. Cahaya yang dipancarkan oleh atom-atom dalam ICP dikonversi ke dalam bentuk sinyal listrik yang dapat diukur secara kuantitatif. Hal ini dilakukan dengan memecahkan cahaya menjadi komponen radiasi (hampir selalu melalui suatu kisi difraksi) dan kemudian mengukur intensitas cahaya dengan tabung *photomultiplier* pada panjang gelombang yang spesifik untuk setiap baris elemen. Cahaya yang dipancarkan atom atau ion dalam ICP diubah menjadi sinyal-sinyal listrik oleh *photomultiplier* dalam spektrometer. Setiap unsur memiliki panjang gelombang tertentu dalam spektrum yang dapat digunakan untuk analisis.



**Gambar 2. 7 Inductively Coupled Plasma (ICP)**

Noor (2014) dalam Permatasari (2017, hlm. 20) Menjelaskan tentang keuntungan dari ICP sebagai berikut:

Memiliki kemampuan mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi lebih dari 80 elemen secara bersamaan dari *ultratrace* sampai ke tingkat komponen utama dalam jangka waktu yang singkat yaitu 30 detik dan hanya menggunakan  $\pm 5$  mL sampel. Batas deteksi ICP-OES mampu mencapai pbb sedangkan ICP-MS mencapai ppt. Walaupun secara teori, semua unsur kecuali Argon dapat ditentukan menggunakan ICP, namun beberapa unsur tidak stabil memerlukan fasilitas khusus untuk menanganinya, oleh karena itu memerlukan biaya yang besar. ICP-MS tidak berguna dalam deteksi halogen dan sulit mendeteksi unsur bermuatan negatif.

## N. Hasil Penelitian Terdahulu

**Tabel 2. 4**  
**Kajian Hasil Penelitian Terdahulu**

No.	Nama Peneliti/ Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Masriadi, Patang dan Ernawati / 2019	Analisis Laju Distribusi Cemaran Kadmium (Cd) di Perairan Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa	Sungai Jeneberang, Kabupaten Gowa	Penelitian ini dilaksanakan degan <i>Explanatory Research</i> atau penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif.	Kualitas air sungai Jeneberang serta cemaran logam berat kadmium (Cd) baik pada air, tanah dan ikan masing-masing tidak memberikan pengaruh nyata. Nilai logam berat kadmium (Cd) pada setiap parameter berada di bawah batas ambang kualitas air dengan (Do) yaitu 6,24 – 7,2 mg/L. Sehingga ikan akan diperoleh	1. Logam berat yang diteliti sama yaitu Kadmium (Cd)	1. Metode uji kandungan logam pada penelitian terdahulu adalah AAS, sedangkan pada penelitian ini ICP - MS

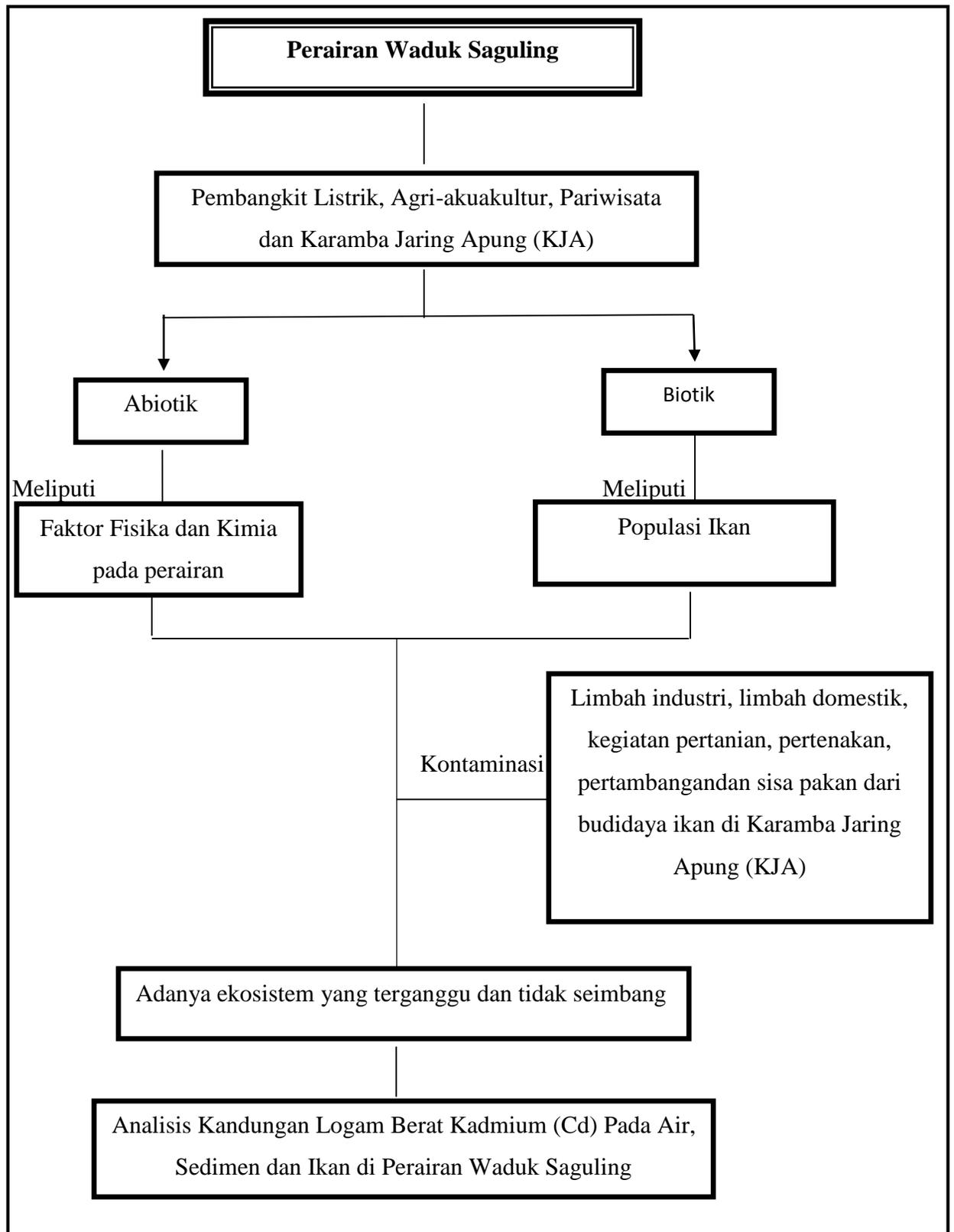
					dari sungai Jeneberang masih aman untuk dikonsumsi		
2.	Rindu Wahyu Paramita <i>et. al</i> / 2019	Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) di Air Permukaan dan Sedimen : Studi Kasus Waduk Saguling Jawa Barat	Waduk Saguling, Jawa Barat	Pengambilan sampel menggunakan <i>grab sample</i> dan gayung plastik	Konsentrasi logam Cd dan Cr masih memenuhi standar baku mutu yang digunakan yakni PP No. 82 tahun 2001	1. Tempat penelitian yang sama yaitu di Waduk saguling 2. Subjek penelitian yaitu air dan sedimen	1. Sampel pada penelitian terdahulu hanya air dan sedimen, sedangkan penelitian ini menggunakan ika, air, sedimen dan ikan.
3.	Eka Wardhani, Dwina Roosmini, dan Suprihanto Notodarmojo / 2016	Pencemaran Kadmium di Sedimen Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat	Waduk Saguling, Jawa Barat	Pengambilan sampel menggunakan <i>Eikman Grab</i>	Logam berat dapat bergerak dari sedimen ke komponen ekosistem lainnya dalam waduk seperti air, tanaman dan binatang sehingga menyebabkan gangguan kesehatan	1. Tempat penelitian yang sama yaitu di Waduk saguling 2. Pengambilan sampel sedimen menggunakan <i>Eikman Grab</i>	1. Pada penelitian terdahulu pengambilan sampel sedimen di 10 titik, sedangkan penelitian ini hanya 3 titik.

					<p>jika logam berat tersebut masuk ke sistem rantai makanan. Konsentrasi logam berat Cd yang melebihi baku mutu dapat menyebabkan dampak yang penting terhadap kesehatan masyarakat, oleh sebab itu sangat penting untuk direncanakan strategi dan program untuk memantau dan menurunkan konsentrasi logam berat di Waduk Saguling.</p>	<p>3. Metode uji logam menggunakan ICP - MS</p>	
--	--	--	--	--	---	---	--

## **O. Kerangka Pemikiran**

Waduk Saguling menjadi salah satu waduk buatan yang membendung aliran sungai Citarum. Pada awalnya bendungan ini hanya berfungsi sebagai PLTA untuk pasokan listrik Jawa – Bali, namun saat ini fungsinya semakin bertambah misalnya untuk perikanan, irigasi, pariwisata, dan bahkan sebagai lokasi pembuangan limbah. Perubahan fungsi tersebut berakibat terhadap percepatan penurunan kualitas perairan Waduk Saguling (Wangsaatmaja, 2004, hlm 2).

Berdasarkan hasil penelitian Pusat Litbang Sumber Daya Air (PUSAIR) dan Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi Jawa Barat Tahun 2001, telah terjadi penurunan kualitas air yang disebabkan oleh peningkatan beban pencemaran dari berbagai sumber pencemar yang berasal dari pertumbuhan penduduk, perkembangan industri, ekstensifikasi dan intensifikasi lahan pertanian, perkembangan perikanan, peternakan serta eksplorasi bahan tambang/galian. Penurunan kualitas air akan berpengaruh terhadap organisme air yang hidup didalamnya maupun organisme yang hidup di darat seperti manusia. Ikan yang terkontaminasi logam berat apabila termakan oleh manusia dalam jangka panjang maka akan menimbulkan gangguan kesehatan.



**Gambar 2. 8 Kerangka Pemikiran**

## **P. Pertanyaan Penelitian**

Untuk memperkuat rumusan masalah yang dibuat, maka peneliti menambahkan pertanyaan-pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Berapa konsentrasi kadmium (Cd), yang terdapat pada air di perairan Waduk Saguling?
2. Berapa konsentrasi kadmium (Cd), yang terdapat pada sedimen di perairan Waduk Saguling?
3. Berapa konsentrasi kadmium (Cd), yang terdapat pada ikan di perairan Waduk Saguling?
4. Berapa suhu air di perairan Waduk Saguling?
5. Bagaimana tingkat keasaman (pH) pada air di perairan Waduk Saguling?
6. Bagaimana tingkat kecerahan air di perairan Waduk Saguling?
7. Berapa konsentrasi oksigen terlarut (Do) pada air di perairan waduk saguling?
8. Berapa baku mutu kandungan logam berat Kadmium (Cd) pada air, sedimen dan ikan?

## **Q. Analisis Kompetensi Dasar (KD) pada Pembelajaran Biologi**

### **1. Keterkaitan penelitian Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Air, Sedimen, dan Ikan di Perairan Waduk Saguling terhadap Kegiatan Pembelajaran Biologi**

Keterkaitan hasil penelitian yang didapatkan dengan kegiatan pembelajaran Biologi sesuai dengan KD 3.9 yang nantinya siswa diharapkan mampu mengenali macam-macam yang dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan yang nantinya akan mengganggu kestabilan lingkungan serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan biota perairan, serta berdampak terhadap kesehatan makhluk hidup. Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil penelitian Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Air, Sedimen, dan Ikan di Perairan Waduk Saguling diharapkan dapat membantu atau mendukung materi mengenai Pencemaran Lingkungan yang terjadi di perairan dan pengaruhnya terhadap makhluk hidup, sehingga diharapkan mampu meningkatkan hasil belajar siswa pada bab tersebut

## **2. Analisis Kompetensi Dasar (KD)**

Logam Berat merupakan salah satu zat yang menyebabkan pencemaran di daratan maupun perairan. Pencemaran yang terjadi di lingkungan akan menyebabkan terganggunya kestabilan pada lingkungan dan akan berdampak pula terhadap biota maupun makhluk hidup. Didalam silabus kurikulum 2013 materi tersebut dipelajari pada kelas X semester 2 masuk kedalam materi pokok Pencemaran Lingkungan dan termasuk kedalam KD 3.9 yaitu Menganalisis data perubahan lingkungan dan dampak dari perubahan tersebut bagi kehidupan.

