

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN**

#### **A. Kajian Teori**

#### **B. Ekosistem Perairan Waduk**

Waduk merupakan ekosistem perairan buatan yang terbentuk dengan membendung aliran sungai. Menurut Soemarwoto (1983) dalam Effendi et al., (2018, hlm. 76) ekosistem merupakan jenis sistem ekologi yang dihasilkan oleh interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya. Karena memiliki komponen-komponen dengan tujuan yang bervariasi dan komponen-komponen tersebut terkoordinasi dengan baik, maka setiap komponen saling terkait, tingkat organisasi ini dianggap sebagai suatu sistem. Rantai makanan dan jaring-jaring makanan, yang masing-masing menyediakan aliran energi dan sirkulasi material, adalah contoh dari hubungan timbal balik. Ekosistem juga sangat penting bagi seluruh makhluk hidup di muka bumi ini.

Ekosistem perairan merupakan ekosistem akuatik yang faktor lingkungan luarnya didominasi oleh air yang merupakan habitat berbagai organisme akuatik, salah satunya nimfa capung. Dengan kata lain, ekosistem perairan adalah lingkungan yang terdiri dari komponen biotik dan non-biotik, dengan air sebagai habitatnya. Ekosistem perairan memiliki kualitas unik yang membedakannya dengan tipe ekosistem lainnya, antara lain: lingkungan yang mengambil air sebagai tempat tinggalnya, organisme yang hidup di air, sinar matahari terbatas, dan perbedaan suhu antara siang dan malam sedikit (Fatma, 2016, hlm. 1). Sehingga dapat disimpulkan bahwa ekosistem ialah tatanan kesatuan secara utuh menyeluruh antara aspek lingkungan hidup yaitu biotik dan abiotik yang saling ketergantungan.

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

Ekosistem perairan tawar merupakan aspek penting bagi kehidupan makhluk hidup khususnya manusia. Menurut Anonim (2013) dalam Rafi'i et al., (2018, hlm 94) "Ekosistem air tawar ialah ekosistem perairan yang relatif kecil di muka Bumi, dibandingkan dengan ekosistem darat dan laut. Ekosistem air tawar Memiliki arti

yang sangat penting dalam kehidupan manusia karena Ekosistem air tawar adalah sumber yang paling praktis dan termurah untuk Kepentingan domestik dan industri". Ekosistem air tawar secara umum dapat dibagi menjadi 2 yaitu, Perairan lentik (perairan tergenang) seperti danau, rawa, waduk, telaga, dan lain-lain. Serta perairan lotik (perairan mengalir) seperti sungai.

Adapun ekosistem perairan tawar dibagi menjadi 2 yaitu perairan mengalir (lotik) dan perairan tergenang (lentik), sebagai berikut :

### **1. Perairan Mengalir (Lotik)**

Menurut Ewusie (1990, hlm 186) menjelaskan, Meskipun sama-sama merupakan ekosistem air tawar, namun air yang mengalir memiliki tema atau pola yang berbeda yang membedakannya dengan air yang tergenang. Tentu saja, semua keragaman tersebut berdampak pada bentuk dan kehidupan tumbuhan dan hewan yang hidup di sana. Salah satu perbedaan utama antara danau dan sungai adalah bahwa danau terbentuk oleh adanya cekungan dan air yang mengisinya, tetapi danau dapat diisi dengan lumpur setiap saat dan menjadi tanah kering. Sungai, sebaliknya, terbentuk ketika air sudah ada, menyebabkan saluran terbentuk dan berlanjut selama masih ada air untuk mengisinya.

#### **a. Sungai**

Sungai berperan penting bagi makhluk hidup khususnya manusia, manusia sangat bergantung pada ekosistem biotik yang menyediakan tujuan biologis, ekologis, dan ekonomi. Air sungai digunakan untuk minum, mencuci, irigasi, perikanan, peternakan, pembangkit listrik, dan berbagai keperluan lainnya. Masyarakat memanfaatkan keberadaan sungai sebagai moda transportasi, rekreasi, memancing, dan berburu biota (Welcomme, 2001, dalam Biotik et al., 2013, hlm. 27).

### **2. Perairan Tergenang (Lentik)**

Perairan tergenang (lentik) merupakan perairan terbuka yang didalamnya terdapat banyak komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi, diantaranya yaitu rawa, kolam, dan waduk. Salah satu perairan tergenang yang dapat digunakan sebagai sumberdaya hayati yang bermanfaat yaitu waduk (Christoper, 2018, hlm. 2).

### **a. Danau**

Tjahjo dan Purnamaningtyas (2010) dalam Oktarina (2015, hlm. 227) mengatakan bahwa danau buatan (cekdam) merupakan ekosistem danau yang dibuat oleh manusia, dan selalu ada inlet atau aliran sungai di atasnya. Aliran ini terus menerus mendapatkan bahan organik, yang dapat mengubah komposisi unsur hara dan mineral, serta dapat menentukan substrat dasar danau, sehingga jika ekosistem sungai berubah maka akan mempengaruhi ekosistem danau.

### **b. Rawa**

Rawa salah satu sebutan bagi seluruh area yang ditutupi genangan air di mana sifat genangannya bisa musiman ataupun permanen dan banyak tumbuhan yang tumbuh di sana (vegetasi). Tergenangnya air bisa bersumber dari hujan ataupun air sungai yang meluap di kala pasang (Suci, 2012, hlm 7).

### **c. Waduk**

Daniel Rohi et.al., (2015) dalam Umayektinisa et al., (2016, hlm. 60) mengatakan, waduk merupakan badan air yang terbentuk sebagai akibat dari struktur yang membentangi di sungai (bendungan). Material pengangkut sedimen di sungai secara alami akan ditampung dan diendapkan di waduk dengan membendung sungai. Akan tetapi, tidak semua sedimen yang diendapkan di *reservoir* akan langsung berpindah ke *dead storage*, beberapa sedimen bergradasi besar akan mengendap di tampungan efektif. Walaupun umur waduk belum mencapai umurnya, hal ini mengakibatkan turunnya cadangan efektif waduk yang mempengaruhi kinerja operasional waduk. PLTA tidak berpengaruh terhadap dampak sedimentasi dan sedimen tidak akan berpengaruh signifikan terhadap kinerja waduk.

Waduk merupakan struktur teknis yang digunakan untuk menjaga aliran air di sungai dan menaikkan permukaan air untuk berbagai alasan, termasuk irigasi, pembangkit listrik tenaga air, penyimpanan dan pengaturan air, pengendalian banjir, tempat rekreasi, dan banyak lagi (Lahamendu et al., 2019, hlm. 491). Oleh karena itu, waduk mempunyai manfaat yang cukup banyak bagi makhluk

hidup. menurut Kartini & Permana (2016, hlm. 14) Waduk dapat dimanfaatkan antara lain sebagai berikut:

1) Irigasi

Sebagian besar air hujan yang jatuh di daerah tangkapan air akan mengalir ke sungai pada saat musim hujan. Waduk tersebut dapat menyimpan kelebihan air sebagai persediaan pada musim kemarau, dan air tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk irigasi lahan pertanian.

2) PLTA

Fasilitas penyimpanan menerima energi listrik dari pembangkit listrik tenaga air. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah sistem pembangkit listrik yang menggunakan gaya mekanik aliran air untuk memutar turbin, yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator.

3) Penyediaan Air Baku

Air baku adalah air murni yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum dan domestik. Waduk tersebut berfungsi sebagai sumber air baku untuk air minum dan keperluan rumah tangga selain air irigasi untuk persawahan. Air yang digunakan harus memenuhi spesifikasi untuk aplikasi yang dimaksudkan.

4) Pengendali Banjir

Tugasnya sebagai pengendali banjir adalah mengarahkan dan memperlambat aliran, serta menampung dan mengatur distribusi aliran sungai. Pengendalian tersebut bertujuan untuk mengatur debit air sungai di bagian hilir waduk.

#### **D. Waduk Cirata**

Waduk cirata ialah waduk terbesar di Asia Tenggara yang terletak di Provinsi Jawa Barat. Waduk cirata berada di tiga Kabupaten yaitu, Kabupaten Cianjur, Kabupaten Purwakata, Kabupaten Bandung. Penduduk sekitar memanfaatkan waduk sebagai usaha budidaya ikan atau bisa disebut Keramba Jaring Apung (KJA) dan bermanfaat bagi peningkatan perekonomian masyarakat sekitar. Menurut Komarawidjaja et al., (2005, hlm 268) Waduk Cirata tergolong waduk serbaguna karena selain sebagai sumber daya air, juga dimanfaatkan untuk perikanan dan

pariwisata dalam upaya meningkatkan kehidupan ekonomi masyarakat sekitar waduk.

Kulsum et al., (2017, hlm 17) menjelaskan, “Waduk Cirata memiliki total luas genangan 6.400 ha, dimana + 3.400 ha menggenangi Kabupaten Cianjur. Genangan tersebut merupakan penampung air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk irigasi persawahan, pembangkit listrik dengan kapasitas sekitar 550 MW jam/tahun, serta pengembangan budidaya perikanan dan pariwisata”.



**Gambar 2.1 Waduk Cirata**

(Sumber: <http://www.ptpjb.com/id/profil-menu/perjalanan-pjb/115-profil/369--unit-pembangkitan-cirata.html> )

Menurut Anonim (2012) dalam Kulsum et al., (2017, hlm 17) Waduk Cirata mempunyai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Cirata adalah pembangkit listrik tenaga air terbesar di Asia Tenggara. Waduk Cirata memiliki peran penting dalam pembangunan ekonomi, khususnya di wilayah sekitar dan wilayah hilir (Karawang, Bekasi dan Jakarta). Waduk ini didirikan di DAS Citarum yang memiliki luas tangkapan 603.200 ha dan luas 6.200 ha. Kabupaten Cianjur, Purwakarta, dan Bandung Barat semuanya terendam. Dengan kapasitas air 2.165.000.000 m<sup>3</sup>, kedalaman rata-rata adalah 34,9 m. Tujuan utamanya adalah sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) untuk wilayah Jawa-Bali, dengan kapasitas 1.008 MW dan mampu menghemat BBM sebesar Rp 2,8 triliun/tahun.

## **E. Logam Berat**

Logam adalah jenis khusus dari bahan beracun (toksisitas). Logam dapat ditemukan di alam dan dapat bertahan hidup, tetapi bentuk kimianya dapat berubah sebagai akibat dari aktivitas fisik, kimia, biologi, atau manusia. Jika bentuk kimianya berubah, toksisitasnya akan berubah secara drastis. Secara umum, logam bermanfaat bagi manusia karena digunakan dalam industri, pertanian atau obat-obatan. Beberapa elemen sangat penting karena mereka diperlukan untuk berbagai aktivitas biokimia dan fisiologis. Logam, di sisi lain, bisa berbahaya bagi kesehatan seseorang jika ada dalam makanan, air, atau udara (Darmono, 2001, dalam Reffiane et al., 2012, hlm. 97).

Effendi et al, (2012) dalam Pratiwi (2020, hlm 60) menyatakan, “logam berat adalah salah satu polutan beracun yang dapat menyebabkan kematian (lethal), dan non-kematian (sublethal) seperti gangguan pertumbuhan, perilaku dan karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik”. Menurut Darmono (1995) dalam Ahdani R dan Husaini (2017, hlm. 14) mengatakan, “Logam digolongkan kedalam dua katagori, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat ialah logam yang mempunyai berat 5 g atau lebih untuk setiap cm<sup>3</sup>, dengan sendirinya logam yang beratnya kurang dari 5 g setiap cm<sup>3</sup> termasuk logam ringan”.

Logam berat merupakan salah satu limbah yang harus diperhatikan. Logam berat sering digunakan di berbagai sektor sebagai bahan baku dan media penolong. Sampah ini akan menurunkan kualitas air dan mencemari lingkungan jika dibuang ke laut. Logam berat yang terendapkan dalam sedimen dapat menyebabkan perpindahan senyawa berbahaya dari sedimen ke organisme, selain mempengaruhi kualitas air (Zuraida, drr., 2010, dalam Permanawati et al., 2013, hlm. 10)

Polutan ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, jika logam berat ini masuk ke tubuh manusia maka akan menjadi racun yang berbahaya. Menurut Nordberg., et.al (1986) dalam Yudo (2018, hlm. 2) logam berat yang diserap ke dalam tubuh, tidak bisa dihancurkan, tetapi akan tetap berada di dalam tubuh sampai dikeluarkan melalui proses ekskresi. Suatu lingkungan terutama perairan yang tercemar oleh logam berat, keadaan yang sama akan terjadi, pada proses pembersihan selanjutnya akan cukup sulit. Pencemaran logam berat dapat

diakibatkan oleh peristiwa alam seperti letusan gunung berapi dan kebakaran hutan, serta aktivitas manusia seperti pembakaran minyak, pertambangan, peleburan, proses industri, pertanian, peternakan, dan kehutanan, serta sampah rumah tangga.

### **1. Logam Berat Timbal (Pb)**

Logam merupakan polutan yang berbahaya dan sifatnya beracun (toksisitas). Menurut Darmono (2001) dalam Ahdani R dan Husaini (2017, hlm. 38) mengatakan, “Timbal bisa berbentuk logam murni juga senyawa inorganik dan organik. Dalam bentuk apapun logam ini mempunyai efek toksisitas yang sama bagi makhluk hidup”. Sedangkan menurut Palar (2009) dalam S. Saenab & C. Muthiadin (2014, hlm. 30) menjelaskan, “Timbal (Pb) secara alami terdapat di kerak bumi, dan keberadaan timbal juga dapat berasal dari aktivitas manusia, dan kandungannya 300 kali lipat dari timbal yang ada di kerak bumi”.

Ada dua jenis logam timbal: versi inorganik dan organik. Bentuk inorganik timbal digunakan dalam industri baterai (senyawa Pb-Bi); untuk kabel telepon, gunakan senyawa timbal yang mengandung 1% stibium (Sb); untuk kabel listrik, gunakan senyawa timbal yang mengandung As, Sn, dan Bi; percetakan, kaca, polivinil, dan plastik; dan untuk mainan anak. Selain itu, bentuk lain dari senyawa timbal juga banyak digunakan dalam konstruksi pabrik kimia, wadah dan peralatan lainnya. Senyawa timbal yang mengandung atom N (nitrogen) digunakan sebagai detonator (bahan peledak). Selain itu, timbal juga digunakan dalam industri cat (PbCrO<sub>4</sub>), bahan pemoles keramik (Pb-Silikat), insektisida (Pb arsenat), dan pembangkit tenaga listrik (Pb-telurium). Senyawa timbal ini digunakan karena memiliki kemampuan non-korosif yang sangat tinggi (Palar, 2004, dalam Reffiane et al., 2012, hlm. 100).

## 2. Karakteristik Timbal (Pb)



**Gambar 2.2 Logam Timbal**  
(Sumber : <https://kitchenuhmaykoosib.com/>)

Menurut Palar (2004) dalam Reffiane et al., (2012, hlm. 99) menjelaskan bahwa timbal merupakan logam berat lunak berwarna abu-abu kebiruan yang memiliki titik mencair dan titik didih masing-masing 3270 dan 1,6200 C. Pada suhu antara  $550 \pm 6000$  C, timbal menguap dan menjadi timbal oksida ketika bergabung dengan oksigen di udara. Timbal rapuh dan menyusut pada pendinginan, dan sulit larut dalam air dingin, panas, dan asam, meskipun fleksibilitas. Asam nitrat, asam asetat, dan asam sulfat pekat semuanya larut dalam timbal. Timbal (II) adalah bentuk oksidasi yang paling umum dan senyawa organometalik, yang terpenting ialah timbal tetra etil (TEL: *tetra ethyl lead*), timbal tetra metil (TML: *tetra methy lead*), dan timbal stearate. Merupakan logam tahan korosi dan karat yang sering digunakan sebagai bahan pelapis..

## 3. Toksisitas Timbal (Pb)

Sifat logam berat timbal yaitu beracun (toksisitas) bagi makhluk hidup. Menurut Darmono (2001) dalam Ahdani R dan Husaini (2017, hlm. 20) menyatakan, “logam berat merupakan bahan pencemar yang tidak dapat didegradasi atau dimusnahkan, sehingga terakumulasi di alam dan pada tubuh organisme. Ada banyak faktor yang mempengaruhi toksisitas masing-masing logam berat, antara lain: bentuk senyawa, kelarutan logam berat dalam cairan, ukuran partikel, dan beberapa sifat kimia dan fisika lainnya”.



Karena toksisitas timbal yang sangat tinggi, limbah yang mengandung logam berat diklasifikasikan sebagai bahan berbahaya dan beracun (B-3), dan pengendaliannya diatur pada standar kualitas yang lebih ketat dalam peraturan pemerintah. Kandungan timbal pada organisme air hingga 0,03 ppm, pada air minum hingga 0,01 ppm, dan pada tubuh ikan hingga 0,02 ppm (Fergusson, 1990, dalam Sitorus, 2004, hlm. 54).

Menurut Palar (1973) dalam Ahdani R dan Husaini (2017, hlm. 38-39) berlandaskan sifat toksik dari Pb memberikan efek klinis, seperti:

- a. Kolik usus di saluran pencernaan dikaitkan dengan konstipasi berat pada sistem hematologi. Memperpendek umur sel darah merah dengan mengganggu kerja enzim *ä-aminolevulenat dehidratase* (ALAD) dalam eritroblas sumsum tulang dan eritrosit.
- b. Keracunan Pb dapat menyebabkan kejang, halusinasi, dilerium, dan kerusakan otak yang signifikan karena mempengaruhi sistem saraf (organ paling sensitif).
- c. Gagal ginjal dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal dan urin.
- d. Terjadi penurunan kapasitas reproduksi pada sistem reproduksi.
- e. Dapat terjadinya Aktivitas jantung abnormal pada anak-anak
- f. Dalam sistem endokrin, menyebabkan kekurangan iodium.

Jika timbal logam berat masuk ke dalam tubuh manusia, maka akan menumpuk dalam jaringan manusia dan sulit untuk dapat dikeluarkan kembali. Khususnya pada kadar cemaran logam berat yang sudah sangat tinggi dalam tubuh manusia, menurut Fergusson, (1990) dalam Sitorus (2004, hlm. 55) akan menyebabkan dampak negatif yang serius, yaitu :

- 1) Kerja enzim dapat kehambat sehingga menyebabkan proses metabolisme terganggu.
- 2) Dapat berpotensi menghasilkan kelainan kromosom (gen).
- 3) Bisa berpotensi menghambat pertumbuhan janin.
- 4) Kesuburan wanita dapat terganggu.
- 5) Bisa menghambat terjadinya pembentukan sel sperma pada pria (*spermatogenesis*)

- 6) Dapat mengakibatkan konduksi saraf tepi melambat.
- 7) Dapat menghambat produksi hemoglobin
- 8) Mengakibatkan kerusakan pada ginjal.
- 9) Dapat mengakibatkan kekurangan darah (anemia).
- 10) Dapat menyebabkan pembengkakan kepala (*encefalopati*)
- 11) Dapat menyebabkan gangguan emosional dan tingkah laku.

Oleh sebab itu timbal merupakan polutan yang berbahaya bagi makhluk hidup. Jika logam berat perairan di atas baku mutu dan terakumulasi oleh makhluk hidup maka akan menjadi racun (toksisitas) di dalam tubuh tersebut.

#### **F. Pencemaran Logam Berat**

Limbah dapat menghasilkan berbagai jenis polusi. Pencemaran datang dalam bentuk bau, warna, suara, bahkan penghentian mata rantai berdasarkan susunan lingkungan atau perusakan ekosistem. Pencemaran yang berpotensi mengganggu tatanan biologis biasanya terdiri dari sampah yang sangat berbahaya dengan daya racun (toksisitas) yang tinggi. Sampah kimia seringkali masuk dan yang paling berbahaya. Senyawa kimia dengan komponen aktif beracun logam berat yang sangat berbahaya bagi organisme hidup dan manusia merupakan senyawa-senyawa kimia yang memiliki bahan aktif berdasarkan logam-logam berat (Palar, 2004, dalam Reffiane et al., 2012, hlm. 97).

Zuraida, drr., (2010) dalam Permanawati et al., (2013, hlm 10) menyatakan, “salah satu limbah yang patut dicermati adalah logam berat. Logam berat banyak digunakan sebagai bahan baku maupun media penolong dalam berbagai jenis industri. Masuknya limbah ini ke perairan laut dapat mengurangi kualitas perairan dan menimbulkan pencemaran. Selain mengubah kualitas perairan, logam berat yang terendapkan bersama dengan sedimen juga dapat menyebabkan transfer bahan kimia beracun dari sedimen ke organisme”.

Terjadinya perubahan pada perairan akan menyebabkan pengaruh bagi organisme yang hidup didalamnya. Keberadaan logam berat dalam air sangat berbahaya bagi biota perairan yang pada gilirannya berdampak tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini disebabkan oleh karakteristik logam berat yang sulit untuk didegradasi, yang menyebabkan mereka terkumpul di lingkungan

perairan dan membuat keberadaan alaminya sulit untuk dihilangkan. Logam berat dapat ditemukan pada kerang, ikan, dan sedimen pada biota perairan. (Atikah, 2017, hlm. 120). Peningkatan kandungan logam berat air waduk umumnya terdiri dari Industri, pertambangan, banyak pertanian dan rumah tangga yang mengandung logam berat.

### 1. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Air

Pencemaran perairan logam berat timbal pada air yaitu bisa disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pabrik kabel, industri, pertanian dan limbah rumah tangga. Menurut Budiastuti et al., (2016, hlm. 120) menjelaskan, “Timbal merupakan logam beracun dan sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Residu timbal (Pb) bisa masuk ke badan perairan secara alamiah yakni dengan cara pengkristalan Pb di udara menggunakan bantuan air hujan. Penggunaan timbal yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran pada tanah dan air. Logam timbal yang dilepaskan ke air oleh aktivitas manusia akan membentuk limbah dan kemudian mengendap di atasnya, yang disebut sedimen”.

**Tabel 2.1 Baku Mutu Logam Berat Timbal pada Air  
(Sumber : Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001)**

Parameter	Satuan	Batas Maksimum
Timbal (Pb)	Mg/L	0,03

Tabel 2.1 mengindikasikan baku mutu kandungan timbal di perairan yang ditentukan oleh pemerintah mengenai Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air yakni sebesar 0,03 mg/l.

### 2. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen

Pencemaran perairan logam berat timbal akan mengendap dan membentuk sedimentasi. Menurut Setiawan (2015, hlm 13) menyatakan, “Logam berat yang terkandung di dalam air suatu saat akan tenggelam dan mengendap di dasar air membentuk sedimen, yang akan mengakibatkan organisme laut yang mencari makan di dasar perairan seperti (udang, kerang, kepiting) akan mudah terkontaminsi logam berat tersebut”. Sedangkan menurut Zainal A., (2009) dalam Permanawati et al., (2013, hlm 12) sedimen ialah kumpulan fragmen batuan di sekitarnya yang mengandung logam berat yang ditentukan oleh mineralogi batuan

primitif. Di daerah yang terkena aktivitas manusia, kandungan logam berat dalam sedimen tergantung pada hasil geokimia alam ditambah hasil aktivitas manusia. Kondisi ini berkaitan dengan penyerapan bahan pencemar logam berat masih muncul dari dalam tanah.

**Tabel 2.2 Baku Mutu Logam Berat Timbal dalam Sedimen  
(Sumber : IADC/CEDA (1997))**

Logam Berat	Satuan	Batas Maksimum
Timbal (Pb)	Mg/Kg	85

Tabel 2.2 di atas mengindikasikan baku mutu kandungan timbal (Pb) pada sedimen menurut (*International Association of Draging Companies/Central Dreging Association*) IADC/CEDA 1997 yakni sebesar 85 mg/kg.

### **3. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan**

Ikan ialah organisme air tawar maupun air laut yang bernapas dengan insang, terjadinya pencemaran logam berat timbal pada ikan disebabkan oleh aktivitas manusia berupa limbah rumah tangga, peternakan, pabrik industri dan lain sebagainya. Menurut Menurut Cahyani et.al., (2017, hlm. 268) menyatakan, “Ikan merupakan organisme perairan dan sering digunakan sebagai indikator biologis dari jenis logam berat di perairan, karena ikan termasuk dalam tingkat gizi tertinggi dan merupakan sumber protein manusia. Logam berat yang melebihi ambang batas tersebut dapat membahayakan kehidupan manusia”. Perairan tercemar oleh logam berat, yang juga terakumulasi pada ikan dan mengalami biomagnifikasi dalam tubuh manusia. Biomagnifikasi ini memiliki efek langsung atau tidak langsung pada kesehatan manusia.

**Tabel 2.3 Baku Mutu Logam Berat Timbal dalam Ikan  
(Sumber : Badan Standardisasi Nasional (SNI) Tahun 2009)**

Logam Berat	Satuan	Batas Maksimum
Timbal (Pb)	Mg/Kg	0,3

Berdasarkan tabel 2.3 kualitas umum yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (SNI) tahun 2009 tentang Batas Maksimum logam berat (Pb) dalam ikan yaitu 0,3 mg/kg.

## **G. Sedimen**

### **1. Definisi Sedimen**

Terjadinya sedimentasi karena pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. “Sedimen merupakan hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen biasanya mengendap pada bagian bawah kaki bukit, pada wilayah genangan banjir, pada saluran air, sungai, dan waduk” (Kuba et al., 2019, hlm. 56). Sedangkan menurut Boggs (1986) dalam Vijaya & Natsir (2010, hlm. 4) menjelaskan, “Sedimen merupakan bagian permukaan dasar laut biasanya tersusun oleh: material biogenik yang berasal dari organisma, material autigenik hasil dari proses kimiawi laut (seperti glaukonit, garam, fosfor), material residual, material residu pengendapan sebelumnya, dan material detritus menjadi hasil dari erosi asal daratan (misalnya kerikil, pasir, lanau dan lempung)”.

### **2. Tekstur Sedimen**

Rifardi (2012) dalam Putra et.al., (2017, hlm. 2) menjelaskan, tekstur sedimen merupakan kenampakan sedimen yang berhubungan dengan ukuran, bentuk dan susunan partikel sedimen. Sedimen terdiri dari partikel sedimen dengan berbagai ukuran dari sumber yang berbeda, dan campuran ukuran ini disebut populasi. Populasi sedimen dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

- 1) Kerikil (*gravel*), tersusun dari partikel tunggal: *boulder*, *cobble* dan *pebble*.
- 2) Pasir (*sand*), meliputi: pasir sangat kasar, kasar, sedang, halus, dan sangat halus.
- 3) Lumpur (*mud*), terdiri dari tanah liat dan lanau.

### **3. Karakteristik Sedimen**

Hambali & Apriyanti (2016, hlm. 166) menyatakan, sedimen merupakan produk perpecahan yang dekomposisi batuan. Disintegrasi meliputi semua proses dimana batuan terurai menjadi partikel-partikel kecil tanpa mengubah substansi kimiawi. Pembusukan atau dekomposisi dipahami sebagai penguraian komponen mineral batuan melalui reaksi kimia. Pembusukan meliputi proses karbonasi, hidrasi, oksidasi dan solusi. Karakteristik butiran mineral bisa mendeskripsikan

properti sedimen, diantaranya ukuran (*size*), bentuk (*shape*), berat volume (*specific weight*), berat jenis (*specipfic gravity*) dan kecepatan jatuh/endap (*fall velocity*).

#### 4. Klasifikasi Sedimen

Menurut M. S. Wibisono (2011) dalam Munandar et al., (2014, hlm. 3) menyatakan, Sedimen dapat diklasifikasikan berdasarkan asalnya dalam 4 macam yaitu :

- 1) Sedimen *lithogenous* merupakan endapan batuan hasil pelapukan (*weathering*) dari daratan dan lempeng kontinen termasuk sedimen yang dihasilkan oleh aktivitas gunung berapi/vulkanik.
- 2) Sedimen *biogenous* merupakan sedimen dari organisme laut yang telah mati, terdiri dari sisa-sisa tulang, gigi geligi dan tumbuhan maupun hewan mikro.
- 3) Sedimen *hydrogenous* yang mengandung hidrogen, yaitu sedimen yang berawal dari komposisi kimia air laut, yang konsentrasinya terlalu jenuh, sehingga akan terendapkan (deposisi) di dasar laut, seperti Mangan (Mn) berbentuk nodul, fosforite (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dan *glauconite* (dalam bentuk hidro silikat berwarna kehijauan yang tersusun dari ion-ion K, Mg, Fe dan Si).
- 4) Sedimen *cosmogenous* yang berasal dari sedimen dari luar angkasa, dan unsur dari benda angkasa terdapat di bawah laut dan mengandung sejumlah besar Unsur besi, sehingga memiliki respon magnet, rentang pengukuran antara 10-640  $\mu$ .

## H. Ikan

### 1. Definisi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) ialah ikan yang hidupnya di perairan tawar seperti rawa, kolam, sungai dan waduk. Menurut Arifin (2007, hlm. 374) menyatakan, ikan nila (*Oreochromis niloticus*) ialah salah satu ikan introduksi yang sudah lama dikenal masyarakat Indonesia. Ikan nila pertama kali didatangkan ke Indonesia dari Taiwan pada tahun 1969, dengan kedatangan ikan nila merah NIFI pada tahun 1981 dan nila hitam Chitralada tiba pada tahun 1984. Pada tahun 1995 dan 1997, Balai Penelitian Perikanan Air Tawar merilis generasi ketiga dan ketiga GIFT nila (*Genetic Improvement of Farmed Tilapia*). Kemudian pada tahun 2002,

Pemerintah Provinsi Jawa Barat mendatangkan satu keluarga ikan nila pembentuk GET bekerjasama dengan BFAR (*Bureau of Fisheries and Aquatic Resources*) Filipina melalui Balai Pengembangan Benih Ikan Wanayasa (BPBI) (*Genetical Enhanced Tilapia*)

## 2. Klasifikasi Ikan Nila

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) ialah jenis Tilapia asli dari perairan lembah sungai Nil di Afrika yang pertama kali didatangkan ke Indonesia dari Taiwan, Thailand dan Filipina masing-masing pada tahun 1969, 1990 dan 1994 .

Menurut Amri dan Khairuman (2007) dalam Lukman et al., (2014, hlm. 23) adapun klasifikasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Sub Filum	: Vertebrata
Kelas	: Pisces
Sub Kelas	: Acanthopterygii
Ordo	: Perciformes
Familia	: Cichlidae
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Spesies	: <i>Oreochromis niloticus</i>



**Gambar 2.3 Ikan Nila**  
(Sumber : <http://news.unair.ac.id/>)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan ikan yang paling banyak dibudidayakan oleh masyarakat. Menurut Yue, Lin, & Li, (2016) dalam Asngad &

Subiakto (2020, hlm. 16) “Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu produk perikanan darat, karena merupakan sumber protein hewani yang tinggi sehingga banyak diminati oleh masyarakat”. Salah satu keunggulan ikan nila ialah kemampuannya untuk beradaptasi dengan lingkungan sekitar. Di Indonesia, ikan nila tumbuh di air tawar, jeram di kolam, sungai, danau, waduk dan persawahan. Ada juga lokasi budidaya ikan nila di wilayah pantai dan di pegunungan hingga 800 meter di atas permukaan laut (Amri dan Khairuman, 2007, dalam Lukman et al., 2014, hlm. 24).

### **3. Morfologi Ikan Nila**

Menurut Amri dan Khairuman (2007) dalam Lukman et al., (2014, hlm. 23) adapun morfologi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yaitu lebar tubuh ikan nila biasanya sepertiga dari panjangnya. “Tubuh ikan nila ramping dan memanjang, dengan sisik relatif besar, mata menonjol dan besar dengan tepi putih. Ikan nila memiliki lima sirip di punggung, dada, perut, anus dan ekor. Sirip dubur (*anal fin*) mempunyai 3 jari-jari keras dan 9 sampai 11 jari sirip lemah. Sirip ekor (*caudal fin*) memiliki 2 jari-jari lemah mengeras dan 16 sampai 18 jari sirip lemah. Sirip punggung (*dorsal fin*) mempunyai 17 jari-jari sirip keras dan 13 jari sirip lemah. Sirip dada (*pectoral fin*) mempunyai 1 sirip keras dan 5 sirip lemah. Sirip perut (*ventral fin*) mempunyai 1 sirip keras dan 5 sirip lemah. Ikan nila mempunyai sisik sikloid yang menutupi seluruh tubuhnya”.

### **I. Sifat Fisika dan Kimia Perairan**

Pemilihan faktor klimatik penting untuk pengukuran air harus memenuhi persyaratan kualitas air yaitu tidak berbau, tidak berasa dan berwarna. Parameter kimia meliputi nilai pH air yang merupakan parameter kimia organik. Parameter fisik meliputi suhu dan TDS (Astari dan Rofiq, 2009, dalam Emilia & Mutiara, 2019, hlm. 68).

#### **1. Sifat Fisika Perairan**

##### **a. Suhu**

Suhu berperan penting bagi organisme yang hidup di perairan tawar sehingga dapat mempengaruhi persebaran organisme. Menurut Odum (1998) dalam Khairul (2017, hlm 1135) Suhu air dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti intensitas sinar



matahari, ketinggian geografis, dan tutupan pohon (tajuk) vegetasi di sekitarnya. Menurut Nontji (2002) dalam Patty (2013, hlm. 150) “Temperature air permukaan di perairan Indonesia pada umumnya berkisar antara 28-31°C”.

Menurut Pancawati et al., (2014, hlm 144) Ada sedikit perbedaan suhu air antara titik satu dan titik yang lainnya, terutama disebabkan oleh reaksi massa air di sungai. Secara umum, suhu menurun secara teratur dengan kedalaman. Semakin dalam air, semakin rendah atau dingin suhunya. Kondisi ini disebabkan oleh ketajaman cahaya matahari yang masuk ke perairan tidak cukup.

### **b. Kecerahan Air**

Parameter kecerahan sangat erat kaitannya dengan kedalaman perairan, karena semakin dalam perairan maka semakin kecil ketajaman sinar matahari yang masuk (Pancawati et al., 2014, hlm. 144). Menurut Effendi (2003) dalam Pancawati et al., (2014, hlm 144) menjelaskan, dengan bertambahnya kedalaman air, ketajaman cahaya yang masuk ke kolom air menurun. Dalam metode ini, pertumbuhan biota akan dipengaruhi secara tidak langsung. Kondisi ini didukung oleh Rizal et al., (2013) dalam Pancawati et al., (2014, hlm 144) yang menyatakan bahwa “kedalaman air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup organisme akuatik; semakin dalam air, semakin sedikit organisme yang akan ditemukan”.

Barus (2004) dalam Khairul (2017, hlm 1135) menjelaskan bahwa penggunaan intensitas cahaya sebagai alat bantu untuk menemukan spesies akuatik dan akan membantu mereka bertahan hidup di habitat aslinya. Jika intensitas cahaya matahari berkurang maka akan merangsang hewan air untuk melakukan ruaya (migrasi).

## **2. Sifat Kimia Perairan Tawar**

### **a. Derajat Keasaman (pH)**

Menurut Meilawati et al (2005) dalam Khairul (2017, hlm 1136) menyatakan, Jika pH di bawah baku mutu maksimum, maka kualitas air/sedimen bersifat asam. Demikian pula jika pH lebih tinggi dari baku mutu maksimum, maka kualitas air/sedimen bersifat basa (alkali). Akibat penambahan zat organik yang kemudian melepaskan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) selama dekomposisi, pH air yang masuk ke muara menjadi semakin asam.

Menurut Barus (2004) dalam Khairul (2017, hlm 1136) menjelaskan, Air yang mengandung kapur akan memiliki pH yang relatif lebih stabil, sedangkan pH perairan yang mengandung sedikit kapur akan berfluktuasi sesuai dengan dinamika fotosintesis yang terjadi. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Fadil (2011) Nilai pH berkisar 6,15-6,78 masih dalam kisaran nilai pH baku mutu air Kelas I dan II.

#### **b. Oksigen Terlarut (DO)**

Temperatur berhubungan dengan kandungan oksigen terlarut di dalam air, selain kedalaman dan intensitas cahaya. Oksigen merupakan faktor pembatas bagi makhluk air karena merupakan salah satu gas yang terlarut dalam air. Secara umum, jika suhu air naik, konsumsi oksigen biota juga akan meningkat (Pancawati et al., 2014, hlm 144).

Menurut Fardiaz (1992) dalam Khairul (2017, hlm 1136) menjelaskan, kelarutan oksigen akan mempengaruhi kehidupan organisme di dalam air, karena oksigen terlarut dalam air merupakan faktor pembatas. Jika kadar oksigen terlarut terlalu rendah, maka akan menyebabkan kematian organisme akuatik. Diperjelas oleh Udi Putra (2008) dalam Khairul (2017, hlm 1136) “Kebutuhan oksigen terlarut ikan atau organisme akuatik lainnya sangat bergantung pada faktor-faktor seperti suhu, pH, CO<sub>2</sub>, dan laju metabolisme organisme akuatik. Kebutuhan oksigen akan meningkat seiring dengan naiknya suhu air”.

#### **J. Standar Kualitas Air Baku**

Air digunakan oleh organisme sebagai pelarut umum, media untuk mentransfer nutrisi dan metabolit, dan pelarut untuk reaksi kimia dalam proses metabolisme. Air sangat penting bagi manusia tidak hanya dalam hal tuntutan tubuh mereka, seperti kelangsungan hidup, tetapi juga dalam hal kebutuhan biologis mereka. Manusia membutuhkan air bersih untuk memasak, minum, mencuci, mengairi tanaman, dan keperluan industri. Akibatnya, tidak mungkin untuk menyangkalnya bahwa terkadang ketersediaan air yang terbatas yang tidak dapat memenuhi kebutuhan dapat menyebabkan konflik sosial (Wiryono, 2013, dalam Sulistyorini et al., 2017, hlm. 65).

Di Indonesia pengaturan baku mutu air bersih mengacu pada Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang “Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air”, berdasarkan klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas, yaitu :

- 1) Air kelas I dapat dimanfaatkan sebagai air baku untuk minum dan aplikasi air lainnya yang membutuhkan tingkat kemurnian yang sama dengan air bekas pakai.
- 2) Air kelas II dapat dimanfaatkan untuk sarana/sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, tanaman dan air irigasi, atau air lainnya yang memerlukan kualitas air yang sama.
- 3) Air kelas III dapat dimanfaatkan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi, dan peruntukan lain yang memiliki kriteria kualitas air yang sama.
- 4) Air kelas IV diperuntukan untuk tanaman beririgasi dan kebutuhan lain yang berhubungan dengan air dengan kualitas air yang sama.

## K. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.4 Hasil Peneliti Terdahulu

No	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Ega Adhi Wicaksono, Sriati, Walim Lili/2016.	Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Makrozoobenthos Di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat	Waduk Cirata	Pendekatan survei digunakan dalam penelitian ini. Teknik AAS ( <i>Atomic Absorbtion Spectrophotometer</i> ) digunakan untuk menentukan jumlah logam timbal dalam sedimen dan makrozoobentos..	Berdasarkan hasil penelitian makrozoobentos yang teridentifikasi di Waduk Cirata meliputi 9 genus gastropoda, dengan kerapatan terendah 74 individu/m <sup>2</sup> di Stasiun Cibalagung dan kepadatan tertinggi 267 individu/m <sup>2</sup> di Stasiun Bendungan Kadar logam timbal dalam makrozoobentos sekitar 0,78-3,19 mg/kg, sehingga mendapatkan nilai rata-rata terendah di muara Cibalagung dan muara Citarum paling besar. Konsentrasi timbal dalam sedimen berkisar antara 0,29-5,04 mg/kg, lebih tinggi dari kadar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subjek penelitian yakni air dan sedimen.</li> <li>2. Objek penelitian yakni logam berat timbal (Pb)</li> <li>3. Desain penelitian/ pengambilan sampel terdiri atas beberapa stasiun</li> <li>4. Tempat penelitian Waduk Cirata.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Untuk mengetahui nilai akumulasi logam timbal pada makrozoobenthos, pola persebarannya di Waduk Cirata.</li> <li>2. Menggunakan metode AAS (<i>Atomic Absorbtion Spectofotometer</i>).</li> </ol>

					logam timbal pada makrozoobentos.		
2.	Ilma Prasiwi dan Eka Wardhani/2018.	Analisis Hubungan Kualitas Air Terhadap Indeks Keanekaragaman Plankton dan Bentos Di Waduk Cirata.	Waduk Cirata	Menggunakan metode indeks pencemaran dengan indikator plankton dan bentos.	Berdasarkan hasil penelitian total pencemaran keseluruhan dari ketiga sungai yang mencapai Waduk Cirata adalah BOD 10.839 kg/hari, Nitrit 0,336 kg/hari, Klorin Bebas 16,685 kg/hari, Timbal 0,083 kg/hari, dan Fenol 0,008 kg/hari.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subjek penelitian yakni air di perairan Waduk Cirata.</li> <li>2. Parameter kualitas air di perairan Waduk Cirata baku mutu yaitu DO dan timbal (Pb).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Untuk mengetahui kualitas air indeks keanekaragaman plankton dan bentos di Waduk Cirata.</li> </ol>

- 1) Berdasarkan table 2.4 Dari hasil Penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini yaitu penelitian yang ditulis oleh Ega Adhi Wicaksono, Sriati, dan Walim Lili pada tahun 2016 dengan judul “Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Makrozoobentos Di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat” dari penelitian ini didapatkan hasil penelitian, makrozoobentos yang teridentifikasi di Waduk Cirata meliputi 9 genus gastropoda, dengan kerapatan terendah 74 individu/m<sup>2</sup> di Stasiun Cibalagung dan kepadatan tertinggi 267 individu/m<sup>2</sup> di Stasiun Bendungan Kadar logam timbal dalam makrozoobentos sekitar 0,78-3,19 mg/kg, sehingga mendapatkan nilai rata-rata terendah di muara Cibalagung dan muara Citarum paling besar. Konsentrasi timbal dalam sedimen berkisar antara 0,29-5,04 mg/kg, makin besar dari kadar logam timbal pada makrozoobentos. Di Waduk Cirata belum ditemukan makrozoobentos yang memiliki fungsi dalam proses biomagnifikasi.
- 2) Penelitian yang relevan selanjutnya yaitu, Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ilma Prasiwi dan Eka Wardhani pada tahun 2018 dengan judul “Analisis Hubungan Kualitas Air Terhadap Indeks Keanekaragaman Plankton dan Bentos Di Waduk Cirata” hasil penelitian menunjukkan beban pencemaran keseluruhan dari ketiga sungai yang mencapai Waduk Cirata adalah BOD 10.839 kg/hari, Nitrit 0,336 kg/hari, Klorin Bebas 16,685 kg/hari, Timbal 0,083 kg/hari, dan Fenol 0,008 kg/hari. Spesies plankton dan benthos tergolong sedang di permukiman Mande dan Margaluyu. *Volvox sp.* dan *Brachionus calyciflorus* merupakan jenis fitoplankton dan zooplankton yang dominan di Desa Mande. *Filopaludina sp.* adalah spesies bentik yang paling umum. *Volvox sp.* mendominasi fitoplankton di Desa Margaluyu, sedangkan *Moina sp.* mendominasi zooplankton. *Makrobrachium sp.* adalah spesies bentik yang paling umum.

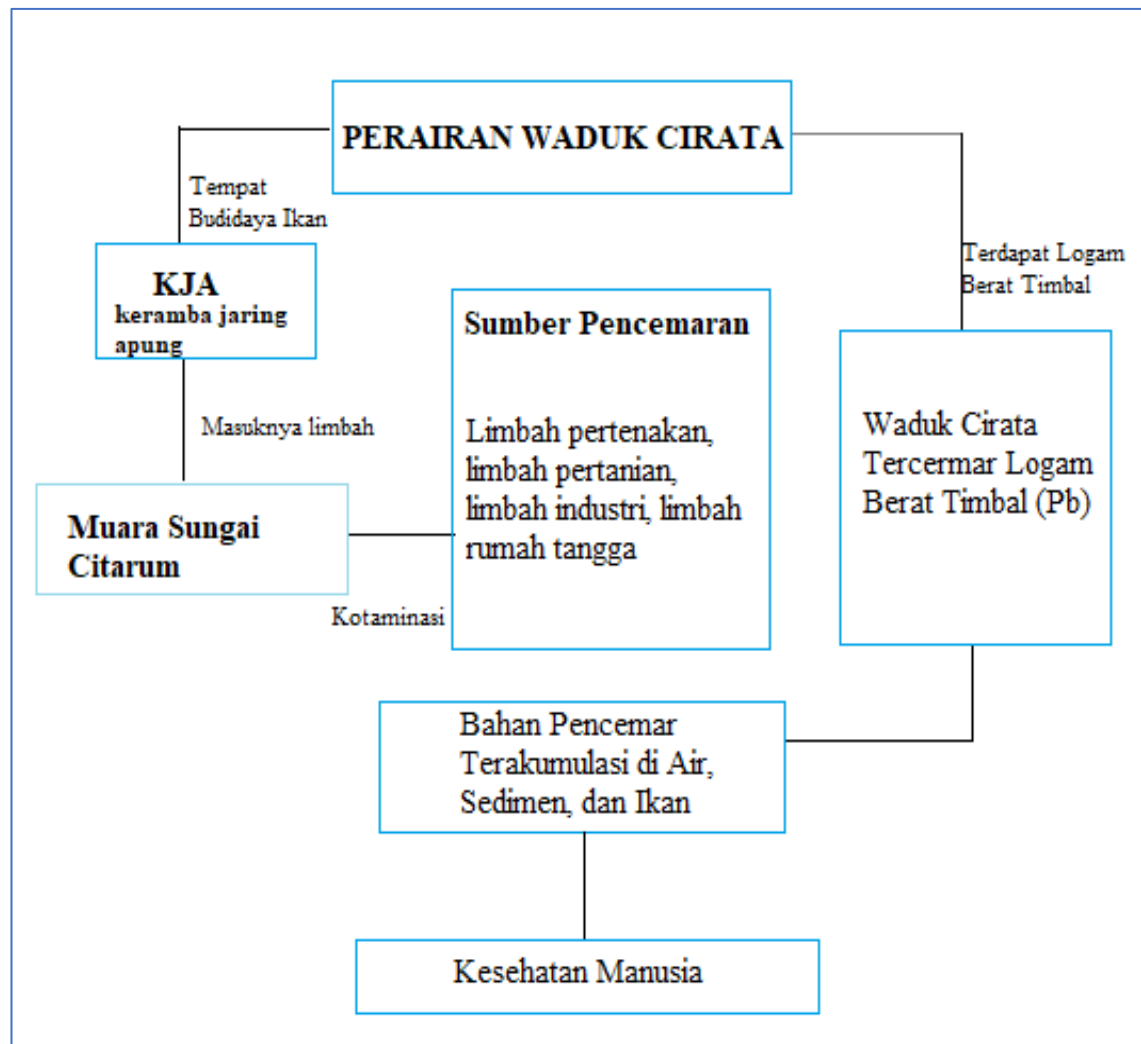
## L. KERANGKA PEMIKIRAN

Waduk Cirata merupakan salah satu danau buatan Provinsi Jawa Barat. Waduk Cirata dibangun untuk melengkapi kepentingan listrik di Jawa dan Bali. Waduk

Cirata terbentuk pada tahun 1984 dengan membendung Sungai Citarum yang berawal dari Gunung Wayang di Kabupaten Bandung. Volume air paling besar waduk ini adalah  $\pm 2.165$  juta  $m^3$ . Waduk cirata juga dimanfaatkan untuk budidaya ikan (KJA) (PT. Pembangkit Jawa Bali Unit Pengelola (PJB UP) Cirata, 2017).

Pola pemanfaatan sumber daya alam dipengaruhi oleh perkembangan masyarakat di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum. Status kualitas air Waduk Cirata termasuk dalam kategori buruk, menurut data yang didapatkan dari PT. PJB UP Cirata tahun 2017. DO, H<sub>2</sub>S, Tembaga (Cu), dan Timbal adalah semua parameter yang melebihi norma mutu. Untuk golongan II yaitu prasarana/sarana wisata air, budidaya ikan air tawar, peternakan, pertamanan, dan peruntukan lain dengan persyaratan mutu yang sama, diperlukan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air (PKA) dan Pengendalian Pencemaran Air (PPA) (Prasiwi & Wardhani, 2018, hlm. 222). Faktor penyusutan kapasitas air di pengaruhi oleh masuknya sampah industri, sampah pertanian, sampah perikanan, sampah rumah tangga di sekitar perairan Waduk Cirata.

Penurunan kualitas air berpengaruh kepada organisme biota air maupun organisme yang hidup di darat. Masuknya suatu bahan pencemar kedalam perairan akan mempengaruhi ekosistem perairan dan bersifat toksik bagi organisme biota air termasuk ikan yang terakumulasi logam berat dengan jumlah diatas ambang batas aman ikan konsumsi maka akan berbahaya bagi kesehatan manusia.



**Gambar 2.4 Kerangka Pemikiran**  
(Sumber : Dokumen Pribadi)