

BAB II

TINJAUAN MENGENAI EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR, LOGAM BERAT, DAN PENCEMARAN

A. Ekosistem

1. Pengertian Ekosistem

Ekosistem yaitu suatu komunitas makhluk hidup dan lingkungan fisiknya berinteraksi antara satu dengan yang lainnya. Ekosistem merupakan konsep dasar pada ekologi yang fungsinya untuk menjaga keseimbangan pada kehidupan. Kata ekosistem pertama kali dipublikasikan oleh Tansley 1935, dalam Mulyadi 2010, hlm. 1 ekosistem merupakan “hubungan timbal balik antara komponen biotik (tumbuhan, hewan, manusia, mikroba) dengan komponen abiotik (cahaya, udara, air, tanah) di alam, dan terjadi hubungan antara komponen yang membentuk suatu sistem”.

Perekembangan ilmu ekologi dengan seiring waktu dan teknologi. Ekologi bisa definisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang hubungan timbal balik antara organisme dengan tempat dia hidup atau pengaruh faktor lingkungan yang ada di sekitarnya. Dengan penjelasan tersebut dapat dikatakan ekologi merupakan hubungan organisme dengan lingkungan sekitarnya.

“Ekosistem dapat diartikan sebagai tingkat organisasi yang lebih tinggi dari komunitas dimana antar komunitas terjadi hubungan” (Dessy 2020 hlm 1).

Pada dasarnya ekosistem dapat dibagi menjadi beberapa sub-ekosistem, antara lain sub-ekosistem daratan, sub-ekosistem lautan, sub-ekosistem sungai, dan sub-ekosistem danau. Dari setiap ekosistem yang ada secara bersamaan akan berlangsung hubungan yang membentuk aliran energi dan informasi (Mulyadi, 2010, hlm. 2). Ekosistem didefinisikan sebagai unit fungsional yang mencakup organisme (biotik) dan lingkungannya (abiotik) dimana di dalamnya saling mempengaruhi dan berinteraksi memiliki hubungan dan interaksi yang sangat erat antar makhluk hidup.

Ekosistem dapat artikan sebagai suatu satuan pada lingkungan yang di alamnya melibatkan unsur-unsur biotik dan fisik (iklim, air, dan tanah) serta kimia (keasaman dan salinitas) dari ketiganya saling berhubungan satu sama lainnya.

2. Komponen Pembentukan Ekosistem

a. Komponen Biotik

Komponen atau faktor biotik suatu ekosistem yang terdiri dari makhluk hidup. Komponen biotik dibeda berdasarkan fungsinya. menjadi empat yaitu, produsen, konsumen, dekomposer dan detritivor.

- 1) Produsen : yaitu semua organisme yang mampu membuat zat organik yang dibutuhkan dari zat-zat anorganik. Yang berarti produsen dapat menyediakan makanannya sendiri berasal dari tumbuhan hijau.
- 2) Konsumen : organisme heterotrop, yaitu organisme yang tidak dapat menghasilkan zat-zat organik yang dibutuhkan zat-zat anorganik.
- 3) Pengurai : Disebut sebagai pengurai, merupakan organisme yang dapat mengubah bahan produk organisme (organik) yang telah mati menjadi senyawa anorganik.
- 4) Detritivora: Yaitu organisme yang memakan sampah organik dari suatu organisme.

b. Komponen Abiotik

Komponen abiotik merupakan suatu komponen ekosistem dengan keadaan fisika dan kimia yang ada disekitar organisme. Atau komponen abiotik segala sesdara semua itu yang tidak hidup di lingkungan tersebut seperti air, iklim, tanah, dan udara. Komponen abiotik ini berguna sebagai menjaga keseimbangan dalam ekosistem tersebut.

1) Air

Pada dasarnya makhluk hidup pasti membutuhkan adanya air, air merupakan komponen terpenting dalam kehidupan, air tidak hanya dibutuhkan untuk minum saja melainkan sebagai lingkungan tempat bertahan hidup.

2) Iklim dan Cuaca

Iklim merupakan komponen yang terbentuk dari komponen-komponen abiotik lainnya, sedangkan cuaca merupakan gabungan sejumlah unsur seperti suhu, awan penyinar, kelembapan dan curah hujan. Kombinasi abiotik ini berhubungan dengan bagaimana keadaan mengenai kesuburan tanah pada suatu tempat.

3) Tanah

Tanah merupakan bagian terpenting dari kehidupan karena tanah merupakan tempat makhluk hidup berpijak, berkembang biak, mencari sumber makanan, bahkan sebagai tempat berlindung. Berdasarkan kandungan bahan organik, tanah dibagi menjadi dua kelompok yaitu tanah mineral dan tanah organik. Tanah mineral yaitu tanah yang memiliki kandungan mineral kurang dari 20%, sedangkan tanah organik yaitu tanah yang memiliki kandungan organik lebih dari 65%.

4) Cahaya Matahari

Matahari dikatakan sebagai sumber utama bagi makhluk hidup. Oleh karena itu jumlah sinar matahari yang masuk menentukan struktur hingga fungsi ekosistem. Dalam ekosistem sinar matahari merupakan sumber utama untuk berlangsungnya proses fotosintesis pada tumbuhan.

5) Kelembapan

Pada ekosistem darat kelembapan udara ditentukan oleh kadar air di udara. Kelembapan dapat dibagi menjadi dua yaitu kelembapan mutlak (gram/m^3), kelembapan spesifik (gram/kg), dan kelembapan relative (%). Kelembapan udara penting keberadaannya bagi makhluk hidup yang ada di daratan.

6) Udara

Udara merupakan suatu bagian yang penting untuk kehidupan organisme, keberadaan udara dapat dipengaruhi oleh tingkat kecerahan matahari, karena pada proses fotosintesis cahaya matahari sangat dibutuhkan oleh tumbuhan. Selain cahaya matahari, kelembapan udara pun mempengaruhi karena kadar air di udara dapat menstabilkan lingkungan agar tidak kekeringan.

3. Ruang Lingkup Ekosistem

Ekosistem dapat didefinisikan sebagai kesatuan fungsional antara makhluk hidup dengan lingkungan dimana makhluk itu hidup yang di dalamnya terdapat hubungan sangat erat dan satu sama lain saling memengaruhi. Ekosistem terdiri dari berbagai unsur yang membentuk tata lingkungannya. Dalam ekosistem terdapat beberapa ruang lingkup antara lain sebagai berikut.

- a. Biosfer : biosfer merupakan ekosistem yang keberadaannya ada diseluruh muka bumi yang dimana setiap elemen saling mempengaruhi atau biosfer merupakan tempat dimana ekosistem itu ada.
- b. Bioma : bioma merupakan skala terbesar dari suatu ekosistem dengan kesamaan iklim dan kemiripan flor dan fauna.
- c. Komunitas : komunitas merupakan kumpulan dari beberapa jenis makhluk hidup yang berada dalam satu tempat dan saling berinteraksi antara satu dengan yang lainnya. Contohnya seperti sapi, kambing, kerbau, yang mencari makan dalam satu tempat dan ketiganya mendiami tempat yang sama.
- d. Populasi : populasi merupakan kumpulan dari tiap makhluk hidup yang menempati suatu daerah dengan jenis yang sama. Contohnya yaitu ayam jantan dan ayam betina hidup dalam satu tempat yang sama.
- e. Individu : individu adalah suatu bagian dari populasi. Contoh dari individu yaitu ketika hanya terdapat ayam jantan yang berada di tempat tersebut.

4. Interaksi antar Komponen Ekosistem

Interaksi dalam ekosistem merupakan hubungan antara komponen biotik dalam ekosistem baik yang sejenis ataupun yang berbeda jenis. Berikut macam-macam interaksi antar komponen ekosistem yaitu

a. Interaksi antara Komponen Biotik dengan Biotik

Interaksi ini bisa saja terjadi pada organisme dengan organisme, antar populasi, maupun antar komunitas. Sudah hakikat nya, setiap makhluk hidup pasti membutuhkan makhluk hidup lainnya, seperti untuk menambah turunan.

b. Interaksi antar Komponen Populasi

Interaksi antar populasi akan terjadi pada makhluk hidup, baik interaksi langsung maupun tidak langsung, seperti contohnya interaksi langsung seperti persaingan mencari makanan antar jenis hewan seperti kambing dan sapi yang memakan rumput hal ini disebut kompetisi. Sedangkan secara tidak langsung, jika ada suatu organisme atau tumbuhan yang keberadaannya sebagai racun untuk organisme lain. Seperti halnya pohon kenari (*juglans*), tanaman lain jarang tumbuh terlalu besar karena tanaman ini menghasilkan zat beracun. “Pada mikroorganisme istilah alelopati dikenal sebagai anabiosa. Contoh, jamur *Penicillium* sp. dapat menghasilkan antibiotika yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri tertentu” (Moch Anshori, 2009 hlm 11).

c. Interaksi antara Komponen Biotik dengan Abiotik

Pada kehidupan pasti-pasti saling membutuhkan antar makhluk hidup dengan makhluk hidup lainnya untuk mencukupi atau menjalankan dimasa kehidupannya, baik secara langsung atau tidak langsung. “Interaksi antara komponen biotik dengan abiotik membentuk ekosistem” (Moch Anshori, 2009 hlm 12). Interaksi yang diantaranya saling memiliki keterkaitan antara produsen, konsumen, dan pengurai membentuk suatu peristiwa antara satu dengan yang lainnya, yaitu:

1) Rantai Makanan

Keberlangsungan setiap makhluk hidup membutuhkan energi yang berasal dari bahan organik yang dicerna. Pada setiap tingkat dalam suatu rantai makanan materi yang mengandung energi disalurkan ketiap organisme. Tiap tingkat dalam makanan dinamakan tingkat trofik. Rantai makanan adalah kejadian dimana memakan dan dimakan antara organisme dengan pola urutan tertentu. Seperti pada **Gambar 2.1** sebagai berikut.

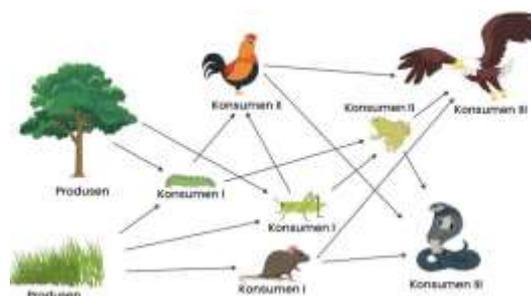


Gambar 2.1 Rantai Makanan

Sumber: Gurusekolah.id, 2021

2) Jaring jaring makanan

Suatu ekosistem terdiri atas beberapa macam rantai makanan. Hal ini disebabkan oleh variasi makanan yang dikonsumsi. Hubungan antar rantai makanan pada suatu ekosistem menghasilkan jaringan atau percabangan yang dinamakan jaring-jaring makanan. Sebagian besar rantai makanan saling berkaitan dengan rantai makanan lainnya karena banyak jenis organisme yang merupakan mangsa lebih dari satu predator. Rantai makanan yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya menjadi jaring-jaring makanan. Hubungan antara yang memakan dan yang dimakan dengan struktur yang sangat kompleks, dan saling berkaitan. Seperti pada **Gambar 2.2** sebagai berikut.



Gambar 2.2 Jaring-Jaring Makanan

Sumber: Abi, 2011

3) Piramida Makanan

Suatu piramida yang menggambarkan diagram susun tingkat tropik dengan perbandingan jumlah biomassa dan energi dari produsen sampai konsumen, dimana konsumen merupakan tingkat tertinggi dalam ekosistem. Seperti pada **Gambar 2.3** sebagai berikut.

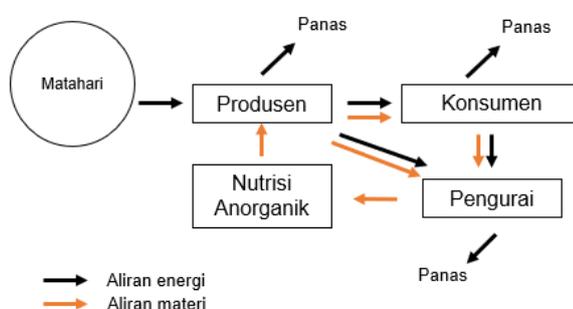


Gambar 2.3 Piramida Makanan

Sumber: Amin, 2018

4) Aliran Energi

Setiap perpindah suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lainnya yang bermula dari cahaya matahari dan menuju ke produsen dan diteruskan ke konsumen sampai pada konsumen terakhir. Semua hal yang terjadi kehidupan di muka bumi memperoleh energi dari cahaya matahari dengan langsung ataupun tidak langsung. Produsen atau organisme autotroph memperoleh energy secara langsung dari chaya matahari. Seperti pada **Gambar 2.4** sebagai berikut.

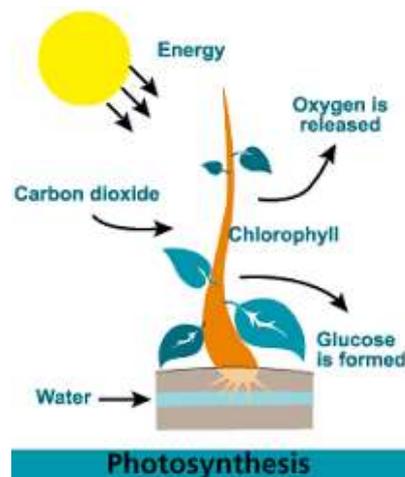


Gambar 2.4 Aliran Energi

Sumber : Roboguru, 2021

5) Siklus Energi

Perputaran energi yang terjadi pada suatu ekosistem yang diawali dari energy matahari. Seperti pada **Gambar 2.5** sebagai berikut.



Gambar 2.5 Siklus Energi
Sumber : Dunia KuMu, 2011

5. Tipe-Tipe Ekosistem

Ekosistem yaitu satuan fungsional dasar dalam ekologi yang meliputi factor biotik dan abiotik. Keberlangsungan faktor abiotik sangat mempengaruhi kehidupan komponen biotik. Hubungan setiap komunitas dengan lingkungan akan terbentuk sebuah ekosistem darat atau air. Dalam mengetahui berbagai tipe ekosistem yang ada di Indonesia, beberapa tipe ekosistem antara lain yaitu ekosistem perairan, ekosistem daratan dan ekosistem buatan.

1. Ekosistem Perairan (Akuatik)

Ekosistem perairan atau akuatik merupakan ekosistem terbesar di permukaan bumi, ekosistem ini terbagi menjadi dua yaitu ekosistem air tawar dan ekosistem air laut, dari kedua ini contoh ekosistem air tawar yaitu seperti, danau, sungai, kolam, dan rawa. Sedangkan contoh ekosistem air laut yaitu, hutan bakau, pantai berpasir, laut dangkal, dan laut dalam.

Menurut kebiasaan hidup organisme dalam ekosistem perairan mereka dibagi menjadi lima jenis, adapun lima jenis antara lain sebagai berikut.

Bentos : Bentos merupakan hewan yang hidup di dasar perairan atau di permukaan dasar perairan baik air laut maupun air tawar.

Nekton : Nekton merupakan organisme air dalam kehidupannya memiliki kebebasan dalam bergerak contohnya yaitu ikan,

Neuston : Kebalikan dari bentos, neuston ini merupakan organisme dalam kehidupannya hanya ada di permukaan air saja, contohnya yaitu laba-laba air.

Plankton : Plankton yaitu organisme yang hidupnya berenang yang pergerakannya bergantung arus air dan intensitas cahaya.

Perifiton : organisme yang hidupnya menempel pada substansi yang ada disekitarnya.



Gambar 2.6 Contoh Ekosistem Akuatik

Sumber : Inews.id 2018 (kanan) dan Lintang, 2016 (kiri)

2. Ekosistem Daratan (Terrestrial)

Ekosistem darat ialah ekosistem yang secara fisik merupakan daratan. Jika dilihat dari geografis, ekosistem daratan dibedakan menjadi beberapa bioma. “Penyebaran bioma dipengaruhi oleh iklim, letak geografis, garis lintang dan ketinggian letak dari permukaan laut” (Moch Anshori, 2009 hlm 225).



Gambar 2.7 Contoh Ekosistem Darat

Sumber : Salamadiana, 2019

3. Ekosistem Buatan

Secara sederhana, ekosistem buatan dapat didefinisikan suatu ekosistem yang dihasilkan dari rekayasa buatan manusia, dengan maksud dan tujuan dari pembuatan ini antara lain untuk memenuhi atau mencukupi kebutuhan manusia. Seperti contoh ekosistem buatan yaitu waduk dan danau, fungsi dari waduk ini sebagai tempat menampung air dimana air ini dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, dan bahkan sebagai tempat budidaya ikan konsumsi.

Contoh lain dari ekosistem buatan yaitu danau, danau banyak dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber air, baik itu untuk kebutuhan rumah tangga ataupun sebagai sumber air dalam industry, pertanian, dan peternakan.



Gambar 2.8 Contoh Ekosistem Buatan (Danau)

Sumber : Pustaka Madani, 2019

6. Ekosistem Air Tawar

a. Pengertian Air Tawar

Air tawar merupakan air yang kadar garamnya rendah, air tawar banyak dimanfaatkan oleh masyarakat antara lain sebagai sumber irigasi pertanian, budidaya ikan yang hidup di perairan tawar, bahkan keperluan rumah tangga memanfaatkan air tawar.

Bahwasannya ekosistem air tawar dapat didefinisikan suatu ekosistem yang keberadaannya relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan ekosistem air laut. Ekosistem air tawar merupakan salah satu sumber paling mudah didapatkan dalam memenuhi kebutuhan domestik dan kebutuhan industri (Anonima , 2013 dlm Muhammad Rafi'i, dan Fujianor Maulana 2018 hlm 17).

Dari penjelasan tersebut air tawar dapat dimanfaatkan sebagai salah satu kebutuhan pokok makhluk hidup seperti domestik ataupun industri, seperti salah satu contoh yaitu penangkaran budidaya ikan.. selain untuk manusia banyak pula hewan yang hidup di air tawar.

b. Ekosistem Air Tawar

Dalam kehidupan di perairan, beberapa hewan air ada yang hidup mutlak di perairan air tawar atau di air laut. Namun ada pula yang hidup di air tawar lalu

pindah ke air laut, ada yang beradaptasi dengan lingkungan payau, yaitu di muara sungai, ada pula yang semasa hidupnya bisa dalam dua jenis air, dan berpindah secara berkala.

Menurut Yusa, 2016 hlm 207. Beberapa ciri-ciri dalam ekosistem pada air tawar antara lain:

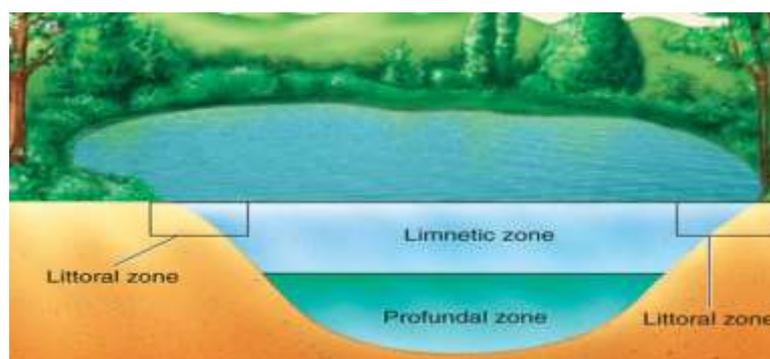
- 1) Salinitas (kadar garam) pada air tawar lebih rendah dari pada air laut
- 2) Penetrasi cahaya kurang
- 3) Keadaan lingkungannya dimana dapat dipengaruhi oleh cuaca dan iklim
- 4) Variasi suhu tidak menyolok dari permukaan dengan dasar sangat rendah, bahkan sampai relatif sama.

Berdasarkan aliran airnya, ekosistem air tawar dibedakan menjadi air yang tidak mengalir (lentik) dan ekosistem mengalir (lotik). Namun jika dilihat berdasarkan intensitas cahaya yang diterimanya “ekosistem air tawar dikelompokkan menjadi litoral, limnetik, dan profundal” (Yusa, 2016 hlm 208).

Litoral : merupakan daerah paling dangkal diantara yang lainnya dengan penetrasi cahaya sampai dasar.

Limnetik : merupakan zona terbuka yang kedalamannya sampai pada penetrasi cahaya efektif

Profundal : merupakan zona terdalam suatu perairan sehingga sinar matahari sudah tidak masuk lagi.



Gambar 2.9 Pembagian Zona Danau Ekosistem Air Tawar

Sumber : ebiologi.net, 2018

7. Macam-Macam Ekosistem Perairan Tawar

a. Danau

Danau adalah air alami yang ramping, danau ini terdiri dari danau alami seperti danau vulkanik, yaitu danau yang terbentuk oleh letusan gunung berapi, dan danau tektonik, yaitu danau yang terbentuk oleh gempa bumi serta ada danau buatan yaitu danau untuk kepentingan tertentu. Menurut Astrid Damayanti, 2012 hlm . Sumber aliran air di danau berasal dari berbagai sumber, antara lain:

1. Air sungai yang kemudian mengalir ke dalam cekungan merupakan sebagai anak sungai.
2. Air hujan yang dikumpulkan langsung dari cekungan danau.
3. Air limpasan permukaan (*overland flow*) air hujan dari hujan yang turun.
4. Air yang bersal dari dalam tanah (*groundwater*) lalu dengan permukaan lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan air di danau, sehingga air tersebut mengalir menuju danau.
5. Air yang berasal dari mata air atau mata air yang mengalir ke danau. Pembentukan danau berasal dari beberapa faktor, antara lain yaitu :
 - 1) Aktivitas glesler, aktivitas yang mencair sehingga terbentuk lah cekungan yang ketika cekungan tersebut terisi oleh air, maka menjadi danau.
 - 2) Aktivitas vulkanik, pembentukan danau yang yang terjadi akibat aktivitas gunung merapi lalu membentuk kawah, dengan air yang berasal dari air hujan atau dari mata air yang ada disekitar kawah tersebut.
 - 3) Aktivitas tektonik, yaitu danau-danau yang terbentuk oleh gaya-gaya endogen akibat pergerakan tektonik seperti patahan dan lipatan-lipatan dari dalam bumi.
 - 4) Aktivitas tektonik vulkanik menciptakan danau sebagai hasil kombinasi proses vulkanik dan tektonik. “Cacat atau cekungan di permukaan bumi setelah letusan. Ruang magma kosong menjadi tidak stabil, mengakibatkan pencurian atau kerusakan” (Astrid, 2015 hlm 4)

Berdasarkan peraturan menteri PUPR Nomor 27/PRT /M/2015 mengenai bendungan mengartikan “bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, dan beton yang dibangun disamping untuk menahan air, dapat pula dibangun untuk menahan limbah tambang, atau menerapkan lumpur sehingga terbentuk waduk”.

b. Waduk

“Waduk merupakan wadah air yang terbentuk akibat di banggunya bendungan dan berupa pelebaran alur atau badan dan palung sungai” (menurut peraturan MENLH no 28 tahun 2009, dalam Dessy, 2020, hlm. 2-3). Waduk merupakan danau buatan yang memiliki fungsi sebagai penampung air jika kelebihan pada saat musim penghujan serta menampung aliran air dari sungai. Air yang tertampung bisa dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian, perikanan dan kebutuhan manusia lainnya (Berry, 2019 hlm 7).

Waduk dapat dibagi menjadi dua, yaitu waduk alami dan waduk buatan, tempat penyimpanan atau bendungan air yang berasal dari aliran sungai dan akhirnya bermuara di waduk. Waduk berfungsi untuk menampung air dengan kapasitas tinggi, namun dapat digunakan lagi ketika debit air rendah. Waduk merupakan salah satu perairan tawar yang dapat di bangun dilembah sungai yang merupakan bagian dari waduk buatan manusia. Waduk dapat di klasifikasikan yaitu,

1) Berdasarkan Tujuan Pembangunan

a) Waduk Eka Guna

Waduk eka guna yaitu waduk yang dibangun dengan tujuan tertentu, seperti pembangkit tenaga listrik, dan irigasi.

b) Waduk Multi Guna

Waduk multi guna dibangun untuk memenuhi beberapa kebutuhan seperti PLTA, irigasi atau bahkan sebagai sumber air minum.

2) Berdasarkan Penggunaan Pembangunan

a) Waduk Penampung Air

Waduk yang digunakan ketika keadaan air yang *overload*, da dapat dimanfaatkan lagi pada saat debit air yang sudah rendah.

b) Waduk Pembelok

Waduk yang digunakan untuk debit air kealiran yang membutuhkan air tersebut.

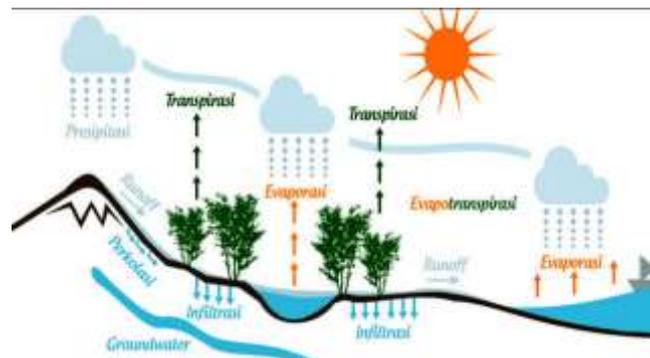
c) Waduk Penahan

Waduk ini digunakan untuk memperlambat aliran air ketika sudah penuh agar tidak terjadi banjir, dengan air ditampung sementara dan di aliri ke pelepasan (*outlet*), setelah itu ditahan sampai pada air tersebut menyerap di daerah sekitarnya.

c. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Kata DAS banyak dipakai oleh para ahli dengan arti dan definisi yang tidak sama, karena dari beberapa faktor yang menyebabkan pendapat tersebut beda, seperti posisi dan kondisi DAS tersebut. “Daerah Aliran Sungai (DAS) diartikan sebagai kesatuan yang terdiri unsur abiotik (tanah, air, udara), dan biotik (vegetasi, binatang dan organisme hidup lainnya) dan kegiatan manusia yang saling berinteraksi dan saling ketergantungan satu sama lain sehingga menjadi satu kesatuan ekosistem” (Sudaryono, 2002 hlm 153). Daerah aliran sungai (DAS) yaitu tempat yang dibatasi dengan punggung gunung dimana jika air hujan yang jatuh akan turun lalu ditampung dan akan di aliri ke sungai-sungai kecil yang ada di punggung gunung tersebut.

Dalam mengartikan DAS perlu pemahaman tentang konsep daur hidrologi guna melihat curah hujan yang masuk yang kemudian didistribusikan dengan beberapa cara seperti pada **Gambar 2.10** berikut.



Gambar 2.10 Daur Hidrologi
Sumber: dunia.pendidikan, 2021

Konsep siklus air memasukan air menjelaskan bahwa air hujan yang mencapai permukaan bumi secara langsung kemudian terbagi menjadi air limpasan, air evaporasi dan rembesan, yang kemudian mengalir ke sungai sebagai limpasan. Dalam pembahasan DAS, DAS dapat dikategorikan beberapa bagian

yaitu, DAS bagian hulu, DAS bagian tengah, dan DAS bagian hilir. “DAS bagian hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, DAS bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan” (Edy Effendi, 2008 hlm 3). Daerah resapan air di hulu sangat penting, terutama berkaitan dengan fungsi pelindung tata air, sehingga setiap kegiatan di hulu berdampak pada bagian hilir berupa perubahan debit dan fluktuasi transpor, sedimen dan zat terlarut di dalam sistem alirannya. Bagian daerah tersebut dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11 Bagian Daerah Aliran Sungai

Sumber: Sipil.com, 2021

1) Fungsi DAS berdasarkan daerah bagian nya, yaitu:

a) DAS Bagian Hulu

Fungsi DAS pada bagian hulu berdasarkan tempat daerah konservasi DAS bagian hulu untuk mempertahankan kondisi aliran tersebut agar tidak terdegradasi dari kondisi kualitas air, kemampuan dalam menampung atau menyimpan debit air, dan curah hujan.

b) DAS Bagian Tengan

DAS bagian tengah dimanfaatkan sebagai kepentingan atau kebutuhan ekononi dan sosial, dengan kata lain DAS bagian tengah sebagai temapt aliran air yang dimanfaatkan sebagai kebutuhan sehari-hari atau kebutuhan industri. Daerah tangkapan air di bagian hulu sangat penting, terutama berkaitan dengan fungsi perlindungan tata air, sehingga setiap kegiatan di daerah hulu mempengaruhi daerah hilir berupa perubahan debit dan fluktuasi transpor, sedimen dan zat terlarut di dalam air

c) DAS Bagian Hilir

DAS bagian hilir didasarkan pada fungsi “pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah” (Edy Effendi, 2008 hlm 4).

B. Tinjauan Waduk Cirata

1. Waduk Cirata

Waduk merupakan tempat penampungan air untuk berbagai kebutuhan, di Indonesia banyak terdapat waduk, salah satunya yaitu waduk Cirata. Waduk Cirata yaitu waduk utama di Indonesia yang terbentuk dari Bendungan Sungai Citarum. “Waduk Cirata didirikan dengan maksud dan tujuan untuk pembangkit tenaga listrik, irigasi dan budidaya perikanan dengan menggunakan sistem keramba jaring apung (KJA). dan sebagai tempat pariwisata. Waduk Cirata berada pada tiga kabupaten yaitu, Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Cianjur, dan Kabupaten Bandung Barat. Waduk Cirata merupakan waduk terbesar se Asia Tenggara beserta kegiatan PLTA nya yang mengalirkan arus listrik di pulau Jawa dan Bali. Dengan maksud dibangun nya waduk Cirata selain sebagai pembangkit tenaga listrik, waduk Cirata dimanfaatkan juga sebagai budidaya ikan, pertanian, sumber air, pengendalian debit air, tempat wisata, bahkan sampai pada transportasi air.

C. Logam Berat, Kromium (Cr), Air, Ikan, dan Sedimen

1. Pengertian Logam Berat

Logam berat sendiri merupakan kontaminan yang berbahaya karena sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terdegradasi (*not degradable*) dan mudah diserap oleh biota di sekitarnya. “Secara biologis logam berat akan mengalami penimbunan dalam tubuh organisme. Logam berat yang masuk kedalam tubuh ikan tidak dapat dikeluarkan dari tubuh, karena logam berat cenderung menumpuk dalam tubuh ikan. Akibatnya logam berat akan terus ada di sepanjang rantai makanan” (Yudo, 2006 dalam Ririn, 2015 hlm 3).

2. Pencemaran Logam Berat

Polutan yang dihasilkan logam berat pada lingkungan yaitu salah satu proses yang berkaitannya dengan penggunaan logam berat tersebut oleh manusia. “Pada awalnya peredaran logam berat di alam dalam keadaan normal sebelum digunakan dalam kegiatan industri, sifat bahan kimia yang mudah membentuk ikatan akhirnya berubah menjadi zat pencemar yang harus di waspadai” (Dolfie dkk, 2008 dalam Supriadi, 2016, hlm. 18-19). Segala sesuatu yang berlebihan akan menimbulkan dampak yang negatif untuk tempat yang ditinggali.

3. Kromium (Cr)

“Salah satu bahan pencemar yang menjadi polutan berbahaya yaitu logam berat. Logam berat Kromium dalam suatu perairan berasal dari alam dalam jumlah yang sangat kecil seperti proses pelapukan batuan dan *run-off* dari daratan” (Ria Azizah Tri Nurain.dkk 2017 hlm 49)..

Dalam penentuan maksimum batas pencemrana logam pada makanan telah di ditetapkan oleh Dirjen POM No. Kromium dapat masuk ke dalam air dengan dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Kontribusi alami Kromium (Cr), seperti erosi atau batuan mineral dan debu atau partikel Kromium Cr di udara, berkurang oleh air hujan, sedangkan kontribusi Kromium Cr tidak alami lebih disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pembuangan limbah industri dan domestik di partikel air oleh karena itu segala sesuatu yang dikonsumsi berasal dari perairan ini harus dibawah 2,5 mg/kg

4. Pencemaran Logam Berat Kromium (Cr) pada Air

Masuknya bahan pencemaran ke dalam badan air lama kelamaan akan menimbulkan dampak negatif bagi ekosistem yang ada di perairan tersebut, pada umumnya logam berat yang sudah masuk dan terakumulasi dengan tubuh hewan sulit untuk dikeluarkan dan seterusnya. “perairan yang tercemar akan terakumulasi ke tubuh fitoplankton. Fitoplankton yang mengandung logam berat dimakan oleh ikan-ikan kecil, kemudian ikan-ikan besar memakan ikan-ikan kecil, dan ikan-ikan besar maupun kecil dimakan oleh manusia. Terjadilah biomagnifikasi (transfer logam berat) melalui rantai makanan” (Ririn, 2015 hlm 3). Dengan kata lain jika suatu perairan yang telah terkontaminasi dengan logam berat akan sangat sulit untuk membersihkannya, terkontaminasinya suatu perairan

dapat disebabkan oleh limbah domestik, pertanian bahkan sampai pada industri. Ini yang menimbulkan kekhawatiran yang menyebabkan kerusakan serta kematian ekosistem di perairan.

“Pada dasarnya aktifitas manusia dapat meningkatkan konsentrasi logam berat menjadi lebih tinggi dari yang seharusnya. Seperti pertambangan, limbah domestik limbah industry, dan limbah pertanian yang merupakan sumber utama pencemaran logam berat yang dihasilkan oleh manusia” (Savendra Y, 2004 dalam Joseph T, 2016, hlm. 9). Adapun nilai baku mutu logam berat kromium (Cr) dalam air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Baku Mutu Kandungan Logam Berat pada Air

Jenis Sempel	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Air	Kromium (Cr)	Mg/L	0,05

Sumber: PP No. 28 Tahun 2001

5. Pencemaran Logam Berat Kromium (Cr) pada Ikan

Ikan adalah salah satu makhluk hidup yang hidup di dalam air, dengan demikian kualitas air yang ditinggali ikan sangat berpengaruh dengan keberlangsungan hidupnya.

Keberadaan logam dalam air sangat berpengaruh dengan makhluk hidup yang ada di dalam air tersebut. “Logam berat dalam air bisa termasuk ke dalam bahan berbahaya dan beracun jika ditemukan dengan konsentrasi tinggi, logam berat dapat terakumulasi melalui proses rantai makanan semakin tinggi tingkatan makanan suatu organisme, logam berat yang terakumulasi dalam tubuhnya juga semakin tinggi” (Hananingtyas, 2017, hlm 41 dalam Dessy hlm 9). Dengan terjadinya rantai makanan yang terus berlangsung akan berdampak negatif baik itu untuk biota air ataupun konsumen biota air. Adapun baku mutu logam berat kromium (Cr) pada air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air sebagai yaitu :

Tabel 2. 2 Baku Mutu Kandungan Logam Berat pada Ikan

Jenis Sempel	Parameter	Satuan	Baku Mutu
--------------	-----------	--------	-----------

Ikan	Kromium (Cr)	Mg/L	0,73
------	--------------	------	------

Sumber : Ririn Intan Handayani, 2015

6. Pencemaran Logam Berat Kromium (Cr) pada Sedimen

Sedimen merupakan salah satu bagian dari perairan air tawar yang keberadaannya di dasar perairan, selain itu sedimen yang berstruktur bebatuan halus, ataupun padat yang ada didasar perairan. Pada dasarnya sedimen merupakan bagian dari ekosistem perairan, tingkat pencemaran pada sedimen justru lebih meningkat jika dibandingkan dengan air. Sedimen yang ada di dasar perairan menjadi tempat biota air mencari makan sedangkan logam berat di air mengendap dan menumpuk di dasar perairan (Munandar et el. 2016, Husna et el 2017 dalam Warni, 2017, hlm 247)

Keberadaa sedimen juga mempengaruhi keberlangsungan hidup biota-biota yang ada di sekitar perairan, karena posisinya berada di dasar perairan, tidak menutup kemungkinan tumpukan-tumpukan logam berat bersarang disediem sehingga menimbulkan racun dan sangat berdampak buruk untuk ikan-ikan atau biota perairan tawar. Adapun baku mutu logam berat kromium (Cr) pada sedimen berdasarkan NOAA (*National oceanic and Atmospheric Administration*) Tahun 1998 sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Baku Mutu Kandungan Logam Berat pada Sedimen

Jenis Sempel	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Sedimen	Kromium (Cr)	Mg/kg	52,3

Sumber : NOAA 1998 dalam Dessy, 2020

D. Faktor Fisika dan Kimia Perairan Tawar

1. Parameter Kualitas

Air Menurut Peraturan Pemerintah PP No.82 tahun 2001, yang menjelaskan tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. bahwasannya air digolongkan berdasarkan peruntukannya dalam 4 kelas, yaitu :

- a. Kelas A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum atau untuk dikonsumsi secara langsung, tanpa harus melalui pengolahan terlebih dahulu
- b. Kelas B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku minum

- c. Kelas C, yaitu air yang dapat digunakan untuk kebutuhan budidaya perikanan dan peternakan
- d. Kelas D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, operasi di perkotaan, dan pembangkit listrik tenaga air

2. Parameter Fisika Perairan

a. Kecerahan Air

Kecerahan merupakan salah satu parameter fisika ini sebagian cahaya yang diteruskan kedalam air dan dinyatakan dalam (%). Kecerahan parameter fisika ini sangat erat hubungannya dengan proses fotosintetis disuatu ekosistem perairan. “Nilai kecerahan yang baik untuk kehidupan ikan adalah lebih besar dari 0,45 m. Kecerahan air di bawah 100 cm tergolong tingkat kecerahan rendah” (Akronomi & Subroto, 2002 dalam Mainassy, 2017 hlm 64).

b. Suhu Air

Suhu dapat dimanfaatkan bukan hanya mengenai gejala fisika dalam perairan, tetapi berkaitan dengan hewan dan tumbuhan. Suhu dipermukaan dipengaruhi kondisi meteorologi. Faktor meteorologi ini yaitu, curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari. “Suhu di kawasan Karamba rata-rata rata-rata 22,9° C dari 3 stasiun mempunyai suhu yang sama. Suhu suatu badan air salah satunya dipengaruhi oleh kedalaman badan air” (Effendi, 2003 dalam Ririn, 2015 hlm 37).

Suhu tak lepas dari pengaruh pada jalan hidupnya makhluk hidup diperairan seperti mempengaruhi toksisitas atau pencemaran kimia. Suhu dapat dipengaruhi oleh letak geografis waduk, dan musim saat dilakukan penelitian.

3. Parameter Kimia

a. Derajat Keasamaan (pH)

pH merupakan salah satu faktor pembatas bagi organisme yang hidup di perairan. Derajat keasamaan menunjukkan aktivitas ion hidrogen pada suatu perairan “Perubahan pH di air tergantung pada polutan air, nilai pH disuatu perairan akan mempengaruhi kehidupan organisme di dalamnya.” (Merliyana, 2017, hlm. 19)

“Oksigen dimanfaatkan organisme untuk proses respirasi, baik organisme di darat maupun organisme yang di air. Jumlah oksigen terlarut di dalam air

dipengaruhi oleh tingkat ke dalaman suatu perairan. Semakin dalam suatu perairan maka konsentrasi oksigennya akan semakin menurun.” (Koosbandiah, 2014, hlm. 12). Oksigen berperan penting sebagai indikator kualitas perairan. Hal ini di sebabkan **Hal ini karena** oksigen terlarut berperan dalam oksidasi dan reduksi bahan organik **dan** anorganik.

b. Oksigen Terlarut (DO)

“Oksigen dimanfaatkan organisme untuk proses respirasi, baik organisme di darat maupun organisme yang di air. Jumlah oksigen terlarut di dalam air dipengaruhi oleh tingkat ke dalaman suatu perairan. Semakin dalam suatu perairan maka konsentrasi oksigennya akan semakin menurun.” (Koosbandiah, 2014, hlm. 12).. Oksigen berperan penting sebagai indikator kualitas di perairan. Hal ini di sebabkan karena oksigen terlarut berguna pada proses oksidasi dan reduksi bahan organik serta anorganik. Fujaya, 2003 dalam Mainassy, 2017 hlm 65 “mengemukakan bahwa oksigen terlarut sangat penting bagi pernapasan ikan, serta merupakan salah satu komponen utama untuk keperluan metabolisme organisme perairan. Jika tidak terdapat senyawa beracun, kandungan oksigen terlarut 2 mg/L sudah cukup untuk mendukung kehidupan organisme perairan secara normal”.

E. Kriteria Air

Kriteria air yang baik atau laya digunakan telah diatur oleh pemerintah dengan batas maksimumnya. Sedangkan untuk mengetahui seberapa layak air tersebut digunakan di tentukan oleh metode STORET. STORET adalah singkatan dari *Storage* dan *Retrieval* yang dikembangkan oleh *Enviromental Protection Agency* (EPA-USA) sebagai database data kualitas air, biologis, dan fisik untuk digunakan oleh berbagai institusi.

Metode storet merupakan “salah satu metode untuk menentukan status mutu air yang umum digunakan. Dengan metode STORET ini dapat diketahui tingkatan klasifikasi mutu parameter parameter yang telah memenuhi atau melampaui baku mutu air” (Djokosetiyanto dan Hardjono (2005) dan KepMen LH Nomor 115 Tahun 2003 dalam Auldry FWalukow, 2010). Penentuan status mutu air ini berdasarkan pada analisis parameter fisika, dan kimia. Kualitas air

yang layak sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan pemerintah dengan batas maksimum yang diperbolehkan.

Hasil analisis kimia setiap sampel air tersebut kemudian dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan penggunaan air tersebut. Kualitas air dievaluasi menurut ketentuan sistem STORET EPA (*Environmental Protection Agency*), yang mengklasifikasikan kualitas air menjadi empat kelas, yaitu

- a. Kelas A: sangat baik, skor = 0 > memenuhi standar mutu
- b. Kelas B: baik, skor = -1 s/d -10 > tercemar ringan
- c. Kelas C: sedang, skor = -11 s/d -30 > tercemar sedang
- d. Kelas D: buruk, skor \geq -31 > kontaminasi tinggi

Penetapan keadaan kualitas air dengan metode STORET dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Perbandingan data hasil pengukuran dari setiap masing-masing parameter fisika dan kimia air dengan nilai standar mutu berdasarkan kelas air sebelumnya.
- 2) Jika hasil pengukuran sesuai dengan nilai baku mutu (hasil pengukuran < standar baku mutu), maka diberi nilai 0.

Penentuan status mutu air dengan menggunakan metode STORET ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) membandingkan data hasil pengukuran dari masing-masing parameter fisika dan kimia air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air di atas.
- 2) jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu (hasil pengukuran < baku mutu) maka diberi skor 0,
- 3) Apabila hasil pengukuran tidak sesuai dengan baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu), maka diberi skor. Sesuai pada tabel : 2.4

Tabel 2. 4 Penentuan Nilai Kualiat Mutu Air

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

Sumber: KepMen LH Nomor 115 Tahun 2003 dalam Auldry FWalukow, 2010

F. Hasil Penelitian Terlebih Dahulu

Tabel 2. 5 Hasil Pengamatan Terdahulu

Penelitian I	Penelitian II
<p>Penelitian yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini yaitu penelitian yang ditulis oleh Rindu Wahyu Paramita, Eka Wardhani, dan Kancitra Pharmawati pada tahun 2017 dengan judul “Kandungan Logam Berat Kadium (Cd) dan Kromium (Cr) Dipermukaan dan Sedimen : Studi Kasus Waduk Saguling, Jawa Barat” dengan hasil yang didapatkan kadar logam berat kromium (kadar maksimum: 80 mg/kg) pada sedimen tersebut masih sesuai dengan baku mutu ANZECC tahun 2000. Namun terdapat akumulasi pada sedimen, sehingga konsentrasi maksimum pada logam berat cd adalah 1,5 mg/kg). Pada endapan sedimen semua stasiun tidak memenuhi baku mutu. Jenis sedimen di Waduk Saguling tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan logam berat dalam sedimen, karena hal ini dapat disebabkan oleh faktor lain, seperti sumber cemaran logam berat pada musim yang berbeda..</p>	<p>Penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini yaitu penelitian yang ditulis oleh Arif Sumantri, dan Rifqi Zakiya Rahmani pada tahun 2020 dengan judul “Analisis Pencemaran Kromium (VI) Berdasarkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Hulu Sungai Citarum di Kecamatan Majalaya Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat “Hasil penyelidikan ini air Sungai Citarum di Kecamatan Majalaya sudah tercemar krom (VI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kromium (Cr) (VI) sudah melebihi baku mutu kualitas air sungai di stasiun A3 dan A4 dengan nilai 0,075 mg/l dan 0,093 mg/l. A1, B1 dan B2) Tingkat pencemaran sungai Citarum di Kecamatan Majalaya di 3 stasiun “sedikit tercemar” dan 4 stasiun (A2, A3, A4, dan B3), yaitu “cemar sedang”. Oleh karena itu, menggunakan air sungai Citarum yang sudah tercemar limbah dapat menyebabkan berbagai permasalahan kesehatan masyarakat.</p>

Sumber: Wahyu Paramita,dkk 2017 dan Arif Sumantri,dkk 2020

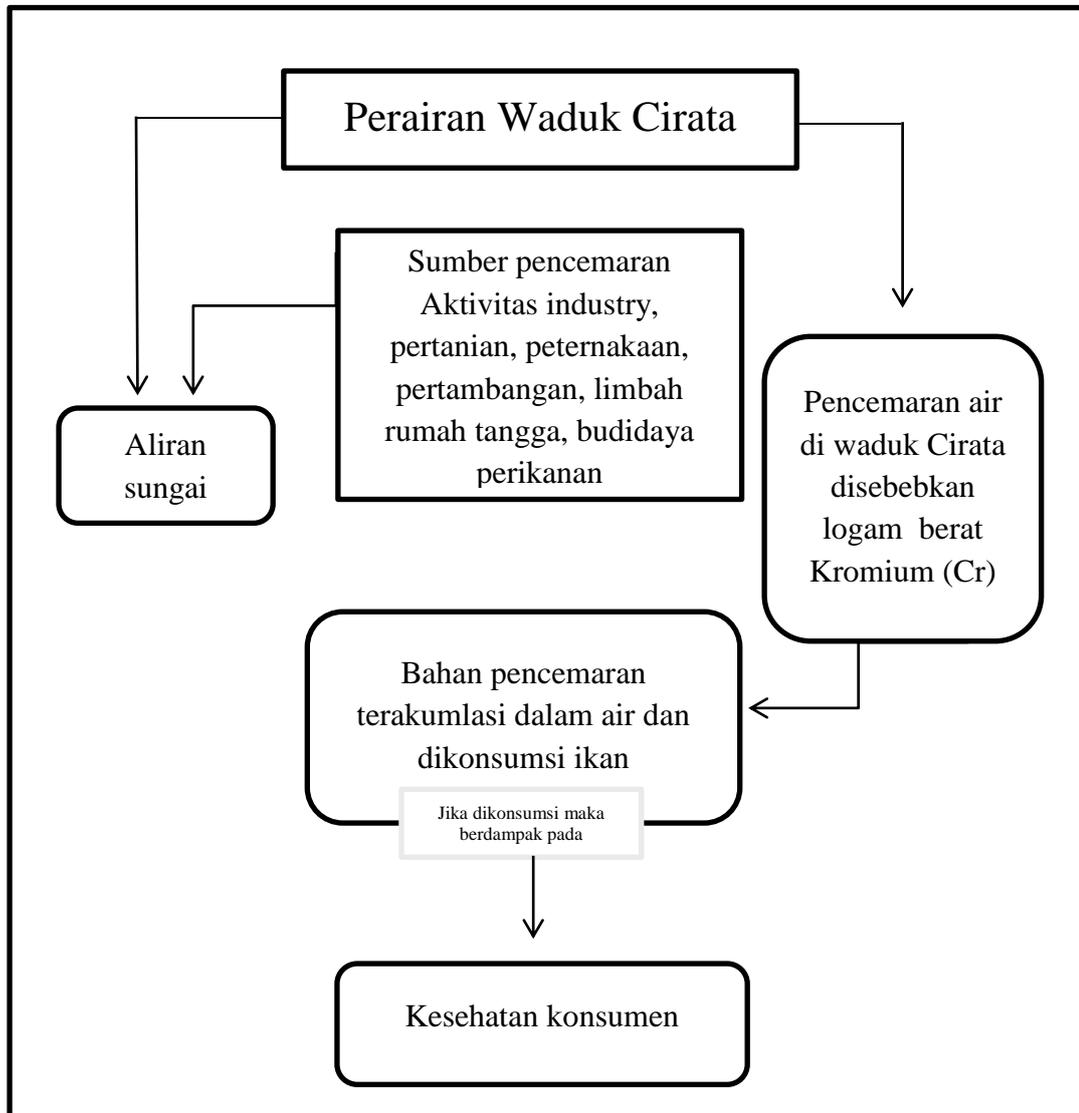
Dari hasil penelitian ini, apakah kandungan logam berat ini masih memenuhi standar baku mutu atau sudah diluar batas yang memungkinkan berdampak buruk bagi makhluk hidup, dan material aterial yang ada di perairan Waduk Cirata.

G. Kerangka Pemikiran

Waduk Cirata merupakan salah satu waduk buatan yang menahan aliran Sungai Citarum. Sementara bendungan ini awalnya hanya berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga air untuk pasokan listrik Jawa-Bali, fungsinya sekarang meningkat, misalnya untuk perikanan, irigasi, pariwisata bahkan sebagai tempat pembuangan sampah. Perubahan fungsi tersebut mempercepat penurunan kualitas air waduk Cirata.

Penurunan kualitas air adalah masuknya limbah dari pertanian, rumah tangga, industri, transportasi, peternakan dan perikanan. Terdapat jenis limbah yang masuk ke badan air dengan kandungan logam berat kromium (Cr), seperti limbah industri, limbah transportasi, dan limbah pertanian. (Nisha Nurfadhilla.dkk 2020 hlm 61).

Penurunan kualitas air akan mempengaruhi keberlangsungan hidup organisme air yang di dalamnya maupun yang hidup di darat seperti manusia. Pada dasarnya ikan yang terkontaminasi logam berat jika dikonsumsi dalam jangka panjang maka akan menimbulkan dampak negative bagi kesehatan. (Berry,2019 hlm 12).



Gambar 2.12 Kerangka Pemikiran

Sumber: Data Pribadi

H. Pertanyaan Penelitian

1. Berapakah kadar logam berat Kromium (Cr) pada air di Perairan Waduk Cirata?
2. Berapakah kadar logam berat Kromium (Cr) pada sedimen di Perairan Waduk Cirata?
3. Berapakah kadar logam berat Kromium (Cr) pada dalam tubuh ikan nila (*Oreochromis sp*) di Perairan Waduk Cirata?

4. Berapa suhu air di Perairan Waduk Cirata pada saat pengambilan sampel?
5. Bagaimana tingkat kecerahan atau kekeruhan di perairan Waduk Cirata pada saat pengambilan sampel?
6. Bagaimana kondisi derajat keasaman (pH) pada air di Perairan Waduk Cirata?
7. Berapa nilai oksigen terlarut pada air di Perairan Waduk Cirata?