

BAB II

EKOSISTEM, LOGAM BERAT ARSEN (As) DAN PENCEMARAN LOGAM BERAT ARSEN (As) PADA AIR, SEDIMEN DAN IKAN

A. Ekosistem

1. Pengertian Ekosistem

Ekosistem merupakan konsep dasar dalam ekologi, hal ini disebabkan karena ekosistem berfungsi dalam menjaga keseimbangan kehidupan di bumi. keseimbangan dalam ekosistem bersifat dinamis yang dimana bisa berubah-ubah dalam kurun waktu tertentu. Perubahan tersebut bisa terjadi karena faktor alamiah ataupun terjadi karena perbuatan manusia. yang terjadi dapat menyebabkan permasalahan lingkungan akibat ketidakseimbangan ekosistem.

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk akibat hubungan timbal balik antara organisme hidup dengan lingkungannya. Istilah ekosistem pertama kali diperkenalkan oleh Tansley (1935) dalam Mulyadi (2010, hlm. 1) ia mengemukakan bahwa hubungan timbal balik antara komponen biotik (tumbuhan, hewan, manusia, mikroba) dengan komponen abiotik (cahaya, udara, air, tanah) di alam, sebenarnya merupakan hubungan antara komponen yang membentuk suatu sistem.

“Ekosistem merupakan suatu sistem ekologi yang terbentuk dari proses interaksi timbal balik antar makhluk hidup dalam satu komunitas dalam lingkungan abiotiknya” Ressoedarmo *et. al.*, (1998) dalam Muhtadi *et. al.*, (2016, hlm. 5). Menurut Odum (1996) dalam Muhtadi *et. al.*, (2016, hlm. 5) “ekosistem atau sistem ekologi merupakan pertukaran bahan-bahan antara bagian-bagian yang hidup dan yang tak hidup di dalam sistem”.

Berdasarkan pengertian tentang ekosistem yang telah dijabarkan diatas, maka ekosistem dapat diartikan sebagai hubungan timbal balik antara makhluk hidup (biotik) dengan makhluk tak hidup (abiotik).

2. Komponen Ekosistem

Pada suatu ekosistem didalamnya terdapat dua komponen dasar penyusun yang saling berkaitan. Komponen penyusun tersebut yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Dua komponen tersebut terdapat pada berbagai ekosistem, salah satunya terdapat pada ekosistem perairan. Berikut merupakan komponen ekosistem perairan menurut Odum (1996) Muhtadi *et. al.*, (2016, hlm. 5), yaitu :

a. Komponen abiotik

Komponen abiotik terdiri dari komponen ekosistem dalam bentuk tak hidup. Komponen abiotik terdiri dari substansi organik, yaitu : karbohidrat, lemak, protein, dll. Selain substansi organik, komponen abiotik juga terdiri dari substansi anorganik berupa fosfor, sulfur, kalsium, nitrogen serta mineral lainnya. Iklim, suhu dan faktor fisik lainnya termasuk kedalam komponen abiotik.

b. Komponen biotik

Komponen biotik merupakan komponen ekosistem yang terdiri atas makhluk hidup. Komponen biotik terdiri dari produsen, konsumen dan dekomposer. Produsen yakni berupa makhluk hidup yang mampu memproduksi sendiri makanannya (*autotroph*) diantaranya tumbuhan hijau serta berbagai bakteri *kemoshintetik*. Konsumen yaitu terdiri dari makhluk hidup yang tidak dapat menghasilkan makanan sendiri sehingga bergantung terhadap produsen misalnya ikan, kerang dan lainnya. Terakhir yaitu dekomposer atau pengurai, yaitu organisme pemakan organisme lain yang telah mati kemudian diuraikan dari bahan organik menjadi bahan anorganik sehingga dapat digunakan oleh produsen.

Dalam sebuah ekosistem, baik komponen biotik maupun komponen abiotik akan membentuk suatu interaksi. Interaksi tersebut menyebabkan ketergantungan antar komponen baik biotik maupun abiotik atau biasa disebut dengan hubungan timbal balik. Sehingga apabila salah satu komponen terganggu, maka cepat atau lambat akan berpengaruh terhadap komponen yang lain dan mengakibatkan ketidakseimbangan ekosistem.

B. Ekosistem Perairan

Ekosistem perairan merupakan salah satu bagian ekosistem yang memiliki peran penting terhadap kelangsungan hidup manusia. “Ekosistem perairan juga sangat dipengaruhi oleh iklim, fisiografi, edafik (sifat-sifat fisik dan kimia air dan tanah yang menentukan komposisi tumbuhan dan hewan yang mampu hidup dalam suatu habitat), dan faktor biotik (keanekaragaman hayati flora dan fauna)” (Narita *et.al.*, 1996, dalam Rahardian dan Riani, 2018, hlm. 1). Salah satu yang termasuk kedalam ekosistem perairan yaitu ekosistem perairan tawar, adapun penjelasan mengenai perairan air tawar yaitu sebagai berikut :

1. Ekosistem Perairan Tawar

Ekosistem perairan tawar merupakan perairan dengan tingkat salinitas yang sangat rendah. Berdasarkan tipe aliran airnya, perairan air tawar dibagi menjadi 2 yaitu perairan mengalir (*lotic water*) dan perairan menggenang (*lentic water*). Perairan lotik dicirikan adanya arus yang terus menerus dengan kecepatan bervariasi sehingga perpindahan massa air yang berlangsung terus-menerus, contohnya antara lain: sungai, kali, kanal, parit dan lain-lain. Ekosistem perairan mengalir (*lotic water*) merupakan perairan terbuka yang memiliki arus serta ditemukan perbedaan pada gradien lingkungan dan interaksi antara faktor abiotik dengan biotik (Sutrisno, 1991, dalam Muhtadi *et. al.*, 2016, hlm. 17).

Perairan menggenang (*lentic water*) atau disebut juga perairan tenang yaitu perairan dimana aliran air lambat atau bahkan tidak mengalir sama sekali, dan massa air terakumulasi dalam periode waktu yang lama. Perairan tergenang yaitu bentuk dari perairan terbuka dengan masa air yang tenang dan disebut habitat *lentic* (Odum, 1996, dalam Muhtadi *et. al.*, 2016, hlm.7).

C. Jenis Ekosistem Perairan Air Tawar

Dalam ekosistem air tawar terdapat dua tipe perairan yaitu perairan mengalir dimana terdapat arus contohnya sungai, sedangkan pada perairan menggenang aliran airnya sangat lambat dan bahkan tidak dapat mengalir sama sekali. Berikut merupakan ekosistem perairan tawar dengan tipe menggenang (*lentic water*) yang menjadi fokus pada penelitian kali ini.

1. Waduk

a. Pengertian Waduk

Waduk termasuk kedalam ekosistem perairan tawar dengan tipe menggenang (*lentic water*). Waduk merupakan perairan yang sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu misalnya sebagai pembangkit listrik, irigasi, perikanan, wisata, olahraga dan pengontrol banjir. Pada dasarnya waduk terbentuk karena adanya bendungan. Menurut PP No.37 Tahun 2010 tentang Bendungan, menyatakan bahwa “Bendungan merupakan bangunan berupa urugan tanah, urugan batu, beton serta pasangan batu yang dibangun dengan fungsi sebagai penampung dan penahan air, serta menahan dan menampung limbah tambang (tailing) bahkan untuk menampung lumpur sehingga terbentuk waduk”.

1) Jenis-jenis Waduk

Waduk/bendungan digolongkan kedalam beberapa jenis atau tipe seperti yang dipaparkan oleh Saroni, *et.al.*, (2007) yang dikutip oleh Riadi pada KajianPustaka.com (2020), berikut ini merupakan jenis waduk atau bendungan :

a) Berdasarkan Ukuran

Berdasarkan ukurannya waduk atau bendungan terdiri dari dua jenis, yaitu

- (1) Bendungan Besar (*Large Dams*), yakni waduk atau bendungan dengan ketinggian lebih dari 10 m, pengukuran dilakukan dari bagian bawah pondasi sampai puncak bendungan.
- (2) Bendungan Kecil (*Small Dams*), waduk atau bendungan yang tidak memenuhi syarat sebagai bendungan besar.

b) Berdasarkan Tujuan Pembangunannya

Waduk atau bendungan berdasarkan tujuan pembangunan dibagi menjadi dua macam yaitu :

- (1) Bendungan dengan tujuan tunggal (*single purpose dam*), yakni waduk atau bendungan yang hanya diperuntukkan sebagai PLTA.
- (2) Bendungan serba guna (*multipurpose dam*), waduk atau bendungan dibangun dengan beragam tujuan, misalnya untuk PLTA, pariwisata, irigasi dan perikanan.

c) Berdasarkan Penggunaannya

Berdasarkan penggunaannya, waduk atau bendungan terdiri dari tiga jenis yakni bendungan sebagai pembelok air, bendungan sebagai penampung air, dan bendungan penghambat air.

- (1) Bendungan sebagai pembelok air (*diversion dam*) yaitu bendungan yang dibangun supaya permukaan air lebih tinggi, sehingga memungkinkan air mengalir kedalam saluran atau terowongan air.
- (2) Bendungan sebagai penampung air (*storage dam*) pembangunan bendungan yang diperuntukkan sebagai penampung air yang kemudian dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan misalnya irigasi, budidaya perikanan dan lain sebagainya.
- (3) Bendungan sebagai penghambat air (*detention dam*) bendungan tipe ini diperuntukkan sebagai penghambat aliran air sehingga dapat mencegah terjadinya banjir.

b. Fungsi Waduk

Waduk berfungsi sebagai penyedia air bagi masyarakat mengingat ketersediaan air tidak selalu melimpah terutama pada musim kemarau. Selain itu, dengan adanya waduk maka perekonomian masyarakat di sekitarnya dapat berjalan yaitu dengan memanfaatkan waduk sebagai lokasi budidaya perikanan atau bahkan sebagai tempat pariwisata.

Menurut Saroni dkk (2007) yang dikutip oleh Riadi pada KajianPustaka.com (2020), waduk memiliki beragam fungsi dan manfaat, yaitu sebagai berikut :

1) Irigasi

Pada saat musim hujan, air akan ditampung sehingga ketika terjadi musim kemarau air yang tertampung tersebut dapat dimanfaatkan untuk bermacam kepentingan, misalnya sebagai irigasi bagi lahan pertanian.

2) Penyediaan Air Baku

Selain untuk irigasi, waduk juga dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum bagi daerah yang mengalami kesulitan air.

3) Sebagai PLTA

Waduk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, dimana energi mekanis dari aliran air dimanfaatkan untuk memutar turbin yang kemudian berubah menjadi energi listrik dengan bantuan generator.

4) Pengendali Banjir

Pada saat musim hujan, air akan tertampung kedalam waduk sehingga intensitas air pada aliran sungai dapat dikurangi dan dapat mencegah air sungai meluap.

5) Perikanan

Waduk juga dapat dimanfaatkan sebagai lokasi peternakan ikan dengan menggunakan teknik jaring apung atau keramba.

6) Pariwisata dan Olahraga Air

Di sisi lain, waduk juga memiliki nilai estetika sehingga dapat dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi bahkan dapat dijadikan sebagai tempat olahraga air.

D. Waduk Saguling

Waduk Saguling merupakan waduk buatan yang terletak di Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Tujuan awal dari pembangunan Waduk Saguling yaitu sebagai pembangkit listrik, hingga pada akhirnya waduk ini menjadi waduk multiguna dimana penggunaannya tidak hanya sebagai pembangkit listrik tapi juga digunakan untuk berbagai macam keperluan misalnya sebagai lokasi budidaya perikanan dan juga sebagai lokasi wisata. Mengenai penjelasan tentang Waduk Saguling akan diuraikan sebagai berikut.

1. Profil Waduk Saguling

Waduk Saguling dibangun pada tahun 1980-1986 pada ketinggian 643 mdpl, Waduk Saguling terletak di Desa Saguling, Kecamatan Saguling, Kabupaten Bandung Barat. Seperti halnya Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur, Waduk Saguling berfungsi sebagai PLTA yang dikelola oleh anak perusahaan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) yaitu oleh PT Indonesia Power. Pada awalnya, pembangunan waduk Saguling dikhususkan sebagai penghasil tenaga listrik, hingga pada akhirnya waduk Saguling menjadi waduk multiguna dan dimanfaatkan

untuk kegiatan pariwisata, perikanan, agri-kultur dan lain-lain. Seiring berjalannya waktu, waduk Saguling juga dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk kebutuhan seperti mencuci, mandi, bahkan sebagai tempat membuang kotoran dan limbah rumah tangga. Berbeda dengan Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur, Waduk Saguling merupakan pintu masuk pertama yang menyaring aliran sungai Citarum, hal ini mengakibatkan keadaan Waduk Saguling menjadi mengkhawatirkan dibanding dengan dua waduk lainnya. Daerah di sekitar Waduk Saguling merupakan wilayah perbukitan sehingga banyak ditemukan sumber air yang berkontribusi pada waduk. Karena didominasi oleh wilayah perbukitan menyebabkan bentuk dari Waduk Saguling menjadi tidak beraturan dengan banyak teluk. Daerah di sekitar Waduk Saguling merupakan wilayah pertanian dimana terdapat 50% pertumbuhan petani dengan tingkat pertumbuhan tinggi, sedangkan daerah perikanan ditemukan lebih sedikit. Peningkatan populasi petani menyebabkan lahan pertanian semakin berkurang sehingga memaksa mereka melakukan pembabatan hutan guna memperluas lahan pertanian. Sebagai akibatnya, muncul masalah longsor dan banjir dikala musim hujan. Selain itu, berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan terdapat penurunan kualitas air di perairan Waduk Saguling yang disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia seperti pertanian, perikanan, industri dan kegiatan manusia lainnya yang berada di kawasan Waduk Saguling (jabarprov.go.id, 2020).

Waduk Saguling merupakan waduk buatan yang membendung aliran Sungai Citarum. Pada awalnya pembangunan waduk ini hanya di fungsikan sebagai pembangkit energi listrik untuk wilayah Jawa-Bali, hingga pada akhirnya fungsi waduk ini berkembang menjadi lokasi perikanan, irigasi, pariwisata bahkan sebagai tempat pembuangan limbah. Perubahan peruntukan tersebut mengakibatkan penurunan kualitas perairan Waduk Saguling (Wangsaatmaja, 2004, dalam Paramita *et. al.*, 2017, hlm. 2).



Gambar 2. 1 Bendungan Waduk Saguling

Sumber : <https://tempo.co/>

2. Kegiatan Sosial Ekonomi Waduk Saguling

Waduk Saguling merupakan waduk multiguna sehingga keberadaannya mampu dimaksimalkan oleh masyarakat sekitar dalam berbagai kegiatan dalam rangka mendorong pertumbuhan ekonomi. Waduk Saguling dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan misalnya sebagai lokasi budidaya perikanan dan irigasi. Selain itu, waduk juga memiliki nilai keindahan yang bisa dimanfaatkan sebagai lokasi wisata. Menurut (Laporan PLTA Saguling KW III, 2014, dalam Adani *et. al.*, 2017, hlm. 2) menyebutkan bahwa penduduk memanfaatkan Waduk Saguling untuk kegiatan budidaya perikanan dengan Sistem Jaring Terapung (Japung) sehingga terjadi peningkatan perekonomian masyarakat sekitar waduk. Selain itu, Waduk Saguling juga berfungsi sebagai sumber air PLTA untuk sistem kelistrikan Jawa-Bali, dan sebagai irigasi untuk daerah Cianjur dan sekitarnya, serta pariwisata.



Gambar 2. 2 Keramba Jaring Apung di Perairan Waduk Saguling

Sumber : <https://m.jabarnews.com/>

E. Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Pada suatu perairan terdapat faktor-faktor yang menjadi penunjang perubahan kualitas suatu perairan, salah satunya yaitu parameter fisika dan kimia. Berikut merupakan parameter fisika dan kimia yang diukur, antara lain :

1. Kecerahan Air

Kecerahan merupakan kemampuan cahaya menembus kedalaman suatu perairan. Kecerahan di suatu perairan akan mempengaruhi kemampuan fotosintesis bagi tumbuhan air. “Kecerahan suatu perairan tergantung pada warna air, kekeruhan dan kedalaman perairan, semakin gelap warnanya maka air akan semakin keruh” (Boyd, 2003, dalam Andria, 2018, hlm. 103). “Kecerahan optimum untuk kegiatan budidaya perikanan dalam suatu perairan berkisar antara 20-40 cm” (Hasim *et. al*, 2015, hlm. 132).

2. Suhu Air

Suhu perairan merupakan bagian yang sangat penting bagi kehidupan organisme di perairan. Aktivitas metabolisme serta persebaran organisme air banyak dipengaruhi oleh suhu air (Nontji, 2005, dalam Kasan *et. al.*, 2015, hlm. 38). Suhu pada perairan dipengaruhi berbagai macam faktor seperti kedalaman air, musim, tutupan awan, dan pertukaran panas dengan permukaan air.

Suhu perairan berperan dalam pengendalian kondisi ekosistem perairan. “Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba” (Effendi, 2003, dalam Hamuna *et. al.*, 2018, hlm. 38). “Perubahan suhu permukaan dapat berpengaruh terhadap proses fisik, kimia dan biologi di perairan tersebut” (Kusumaningtyas *et. al.*, 2014, dalam Hamuna *et. al.*, 2018, hlm. 38) ”

3. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan faktor pembatas bagi organisme yang hidup di perairan. Derajat keasaman menunjukkan aktivitas ion hidrogen pada suatu perairan. Derajat keasaman (pH) suatu perairan menjadi salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan suatu perairan (Simajuntak, 2009, dalam Hamuna *et. al.*, 2018, hlm. 38). Kondisi dimana nilai pH yang terlalu asam maupun terlalu basah akan membahayakan kelangsungan hidup organisme air karena akan terjadi gangguan terhadap proses metabolisme dan respirasi.

Menurut Odum (1971) dalam Hamuna *et. al.*, (2018, hlm. 39) , nilai pH suatu perairan berkisar antara 6,5 – 8,0 sebagai batas aman bagi kehidupan biota didalamnya. “Perubahan pH di air bergantung pada polutan air, air yang memiliki pH lebih kecil atau lebih besar dari kisaran normal maka akan mempengaruhi kehidupan jasad renik” (Merliyana, 2017, hlm. 19)

4. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen dimanfaatkan oleh organisme untuk proses respirasi, baik bagi organisme di darat maupun organisme yang terdapat di air. Jumlah oksigen terlarut didalam air dipengaruhi oleh tingkat kedalaman suatu perairan. Semakin dalam suatu perairan maka konsentrasi oksigennya akan semakin menurun. *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan total jumlah oksigen terlarut di air. Kebutuhan atas

oksigen terlarut relatif bervariasi, hal tersebut tergantung dari jenis, stadium dan aktifitasnya (Gemilang *et.al.*, 2017, dalam Hamuna *et. al.*, 2018, hlm.39). “Oksigen yang terlarut di dalam perairan sangat dibutuhkan untuk proses respirasi, baik oleh tanaman air, ikan maupun organisme lain yang hidup di dalam air” Supratno (2006) dalam Hasim *et. al.*, (2015 hlm. 133). “Semakin besar temperatur, kadar oksigen terlarut semakin kecil” (Effendi, 2003, dalam Paramita *et. al.*, 2017, hlm. 5). Pada daerah yang kekurangan oksigen, misalnya akibat kontaminasi bahan-bahan organik, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap (Hutagalung 1991, dalam Paramita 2017 hlm.5)

F. Logam Berat

Logam berat adalah logam yang mempunyai berat 5 g atau lebih untuk setiap cm^3 , sedangkan logam dengan bobot dibawah 5 g/cm^3 dikategorikan sebagai logam ringan (Darmono, 1995, dalam Adhani, 2017, hlm. 14). Dalam kadar dibawah baku mutu, logam berat tergolong kedalam unsur yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Logam berat esensial sebagaimana halnya selenium (Se), besi (Fe) serta Zink (Zn) diperlukan oleh tubuh manusia dalam menjalankan proses metabolisme. Sedangkan logam berat non esensial tidak memiliki fungsi didalam tubuh manusia dan bahkan bisa mengakibatkan keracunan apabila masuk kedalam tubuh manusia, logam-logam non esensial tersebut seperti : Arsenik (As), Cadmium (Cd) dan Merkuri (Hg).

Logam berat yaitu unsur yang tidak dapat terdegradasi bahkan tidak bisa dihancurkan serta akan bersifat sangat berbahaya jika terjadi bioakumulasi. Bioakumulasi yaitu keadaan dimana konsentrasi zat kimia yang terdapat didalam tubuh makhluk hidup mengalami peningkatan dalam kurun waktu yang cukup lama, dibanding dengan konsentrasi zat kimia yang terkandung di alam (Yudo, 2006, dalam Adhani, 2017, hlm. 14).

Menurut (Lambert *et.al.*, 2000, dalam Adhani, 2017, hlm. 15) air limbah merupakan tempat dimana logam berat banyak ditemukan, logam berat tersebut diantaranya arsenik, kromium, tembaga, seng dan timah, yang semuanya termasuk kedalam logam berat yang beresiko bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Keberadaan logam berat berasal dari berbagai sumber termasuk pelapukan pada

kerak bumi, erosi tanah, pertambangan, limbah industri, limbah rumah tangga, penggunaan insektisida dibidang pertanian dan banyak lainnya (Morais *et.al.*, 2012, dalam Adhani, 2017, hlm. 15)

Menurut (Sutamihardja, 2006, dalam Adhani, 2017, hlm. 16), logam berat memiliki sifat yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan yaitu :

1. Logam berat yang sulit terdegradasi, sehingga kemungkinan akan terakumulasi pada lingkungan
2. Logam berat dapat terakumulasi kedalam tubuh organisme dan terjadi peningkatan konsentrasi, atau menimbulkan terjadinya bioakumulasi dan biomagnifikasi
3. Logam berat mudah terakumulasi pada sedimen, sehingga menyebabkan konsentrasinya lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam yang terdapat pada air.

Logam berat yang masuk kedalam tubuh manusia akan terakumulasi didalam jaringan tubuh serta tidak dapat tersekresi keluar tubuh. Dampak negatif pada tubuh yang ditimbulkan oleh logam berat dengan kadar yang tinggi, yaitu (Palar, 2004, dalam Adhani, 2017, hlm. 109-110) :

1. Aktivitas enzim terhambat sehingga menyebabkan terganggunya proses metabolisme
2. Kromosom atau gen mengalami abnormalitas
3. Menurunkan fertilitas pada wanita
4. Perkembangan janin akan terhambat
5. Menghambat spermatogenesis
6. Konduksi syaraf berkurang
7. Pembentukan hemoglobin terhambat
8. Mengakibatkan kerusakan pada ginjal
9. Menyebabkan anemia
10. Menyebabkan pembengkakan pada kepala
11. Mengakibatkan perubahan pada tingkah laku dan emosional

Darmono (1995) dalam Adhani, (2017, hlm. 110) mengatakan bahwa efek logam berat pada manusia dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan, terutama pada jaringan ginjal dan hati. Terdapat beberapa unsur logam memiliki sifat

karsinogenik maupun teratogenik. Logam berat menjadi bagian dari bahan pencemar perairan, meskipun dalam jumlah yang sedikit tetapi keberadaan logam berat di perairan sangat berbahaya. Logam berat di perairan dikatakan berbahaya karena logam tidak dapat dihancurkan oleh organisme hidup di lingkungan dan akan mengendap didasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan anorganik dan organik baik secara absorpsi maupun kombinasi. Organisme air yang telah terkontaminasi logam berat maka jaringan tubuhnya akan mengakumulasi logam berat tersebut. Semakin tinggi kandungan logam berat didalam suatu perairan, maka kandungan terakumulasi dalam tubuh hewan tersebut akan semakin tinggi (Kareta, 2008, dalam Adhani, 2017, hlm. 17).

G. Logam Berat Arsen (As)

Logam berat merupakan jenis logam yang beracun bagi makhluk hidup. Logam berat terdiri dari logam esensial dan non esensial. Menurut Darmono (1995) dalam Adhani, (2017, hlm. 109) mengatakan bahwa logam esensial pada kadar tertentu dibutuhkan oleh makhluk hidup, akan tetapi logam-logam non esensial pada saat ini kegunaannya masih belum diketahui. Arsen (As) merupakan salah satu logam berat non esensial yang beracun bagi makhluk hidup.

1. Arsen

Arsen (As) merupakan jenis logam berat yang mudah patah, memiliki warna keperakan dan bersifat sangat beracun (Istarani & Pandebesie, 2014, dalam Hazimah *et. al.*, 2018, hlm. 130). Arsen di alam ditemukan dalam jumlah yang terbatas namun memiliki tingkat toksisitas yang sangat tinggi. Arsen sering terdapat pada air tanah, dan arsen dalam bentuk tereduksi disebut arsenit, sedangkan arsenat merupakan bentuk arsen teroksidasi yang terjadi pada kondisi aerobik, (Titin, 2010, dalam Adhani, 2017, hlm. 30).

Arsen adalah salah satu unsur yang paling beracun dan dapat dijumpai pada tanah, air dan udara. Secara alami arsen berasal dari letusan gunung vulkanik yang bisa mengeluarkan 300 ton arsen setiap tahunnya. Akan tetapi aktivitas manusia jauh lebih banyak dalam hal pelepasan arsen yakni 80.000 ton setiap tahunnya dikarenakan pembakaran bahan bakar fosil dan berbagai macam kegiatan industri.

Arsen dengan konsentrasi rendah ditemukan pada air, tanah, udara serta ditemukan juga pada makanan. Arsen paling sering ditemukan pada air tanah, hal ini dikarenakan arsen terkandung dalam batuan bumi (Zhuang dkk, 2005, dalam Adhani, 2017, hlm. 133). (Chowdhury *et.al.*, 2000, dalam Adhani, 2017, hlm. 30) menjelaskan tentang arsen sebagai berikut :

Sebagian besar cat, pewarna, sabun, logam, semi konduktor dan obat-obatan mengandung arsenik. Pestisida tertentu, pupuk dan operasi makanan hewan juga melepaskan arsenik ke lingkungan dalam jumlah yang lebih tinggi. Bentuk-bentukan organik arsenik seperti arsenit dan arsenat yang ditemukan lebih berbahaya bagi kesehatan manusia. Mereka sangat karsinogenik dan dapat menyebabkan kanker paru- paru, hati kandung kemih dan kulit. Manusia yang terkena arsenik dengan udara, makanan dan air. Minum air yang terkontaminasi dengan arsenik adalah salah satu penyebab utama keracunan arsenik di lebih dari 30 negara didunia.

Kontaminasi arsen terjadi akibat kegiatan pertambangan, pengolahan bijih serta proses peleburan yang berpengaruh terhadap kualitas air baik melalui tanah ejeksi maupun limpasan. Air tanah juga bisa terkontaminasi lewat sumber geologi berupa mineral arsen. Jenis ketiga sumber baik sedimen maupun meta-sedimen tidur batuan. (Smedley & Kinniburgh, 2002, dalam Adhani, 2017 hlm. 30).

2. Karakteristik Arsen (As)



Gambar 2. 3 Arsen (As)

Sumber : <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Arsen>

Arsen berwarna keperakan dan termasuk kedalam logam anorganik dengan tingkat kelarutan sangat rendah pada air yang. Arsen merupakan produk buangan dari kegiatan pengolahan bijih logam non-besi, unsur ini bersifat sangat beracun dan berdampak pada kerusakan lingkungan. Selain pada proses pengolahan bijih emas, arsen juga dapat ditemukan dalam beberapa pengolahan bijih logam (cebakan), di antaranya (Zhuang dkk, 2005, dalam Adhani, 2017, hlm. 132) :

- a. Cebakan Cu-pirit-As
- b. Cebakan Au mengandung As
- c. Cebakan Sn mengandung As
- d. Cebakan Ag murni dan arsenida

Arsen ditemukan dalam 200 bentuk mineral, dimana 60% di antaranya berupa arsenat, sedangkan 20% berupa sulfida & sulfosalt dan sisanya dalam bagian kecil berupa arsenide, oksida silikat dan arsen murni. Dalam lingkungan perairan, dimana arsen mengalami tekanan oksidasi sehingga terbentuk pentavalent arsenat (As(V)), sedangkan saat tereduksi arsen akan membentuk trivalent arsenit (As(III)) maka terjadi pergerakan partikel arsenik dan terserap oleh sedimen.

3. Kegunaan Arsen

Arsen biasanya digunakan sebagai pestisida, pengawet kulit dan kayu, obat-obatan, petasan, insektisida, cat serta bahan dalam pembuatan keramik dan gelas. Arsen dalam bentuk senyawa arsen trioksida pada awalnya digunakan sebagai tonikum dengan takaran dosis 3 x 1-2 mg, akan tetapi pemanfaatan tonikum dalam jangka panjang telah mengakibatkan gangguan intoksikasi arsen kronis. Selain itu, arsen pernah dipakai sebagai obat infeksi yang disebabkan oleh amoeba, cacing, spirocheta, protozoa, dan tripanisoma, tetapi akhirnya obat tersebut tidak digunakan lagi dalam resep homeopati (Istarani & Pandebesie, 2014, dalam Hazimah *et. al.*, 2018, hlm. 131)

4. Dampak Negatif Arsen

Kandungan arsen pada lingkungan dengan kadar tinggi akan menimbulkan beberapa masalah kesehatan seperti keracunan dan kerusakan pada organ tubuh. Menurut Zhuang *et. al.*, (2005) dalam Adhani, (2017, hlm. 133-134) menyatakan bahwa efek arsen pada pernafasan akan menyebabkan infeksi laring, infeksi

bronkus bahkan dapat menyebabkan kanker paru. Efek dari arsen juga bisa menyebabkan kecacatan pada bayi, menurunkan sistem kekebalan tubuh, dan infeksi pada kulit. Sedangkan efek arsen pada sistem pencernaan akan menyebabkan mual bahkan muntah, serta nyeri perut (Sitorus, 2011, dalam Adhani, 2017, hlm. 134)

H. Pencemaran Logam Berat Di Perairan

Pengertian pencemaran air berdasarkan PP No.82 tahun 2001, pencemaran air yaitu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lainnya kedalam air oleh aktivitas manusia, yang menyebabkan kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Perairan dikatakan tercemar apabila kadar bahan pencemar telah melebihi nilai baku mutu. Baku mutu merupakan nilai batas atau kadar suatu unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air.

Menurut PP No.82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, berdasarkan peruntukannya mutu air di klasifikasikan kedalam 4 kelas, yaitu :

1. Kelas satu, air yang peruntukkannya sebagai air baku air minum serta peruntukkan lainnya.
2. Kelas dua, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi, peternakan pembudidayaan ikan air tawar, irigasi pertanian, dll.
3. Kelas tiga, air yang diperuntukkan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, serta untuk mengairi pertanian.
4. Kelas empat, air yang diperuntukkan untuk mengairi pertanaman.

Logam berat menjadi zat polutan lingkungan yang paling banyak ditemukan di perairan. Kandungan logam berat yang terkandung didalam organisme menunjukkan adanya pelepasan logam berat yang berasal dari alam dan kegiatan manusia (Dahlia, 2006, dalam Adhani, 2017, hlm. 60). Aktivitas industri secara intensif serta kegiatan pertambangan, industri penggilingan serta industri lainnya telah menyebabkan masuknya limbah logam berat ke lingkungan (Dahlia, 2006, dalam Adhani, 2017, hlm. 60). Secara alamiah logam berat pada air ditemukan dalam jumlah yang sedikit yaitu kurang dari 1 µg/l. Konsentrasi dari logam berat

akan meningkat jika terjadi erosi alamiah. Selain itu, jenis air juga berpengaruh terhadap kandungan logam didalamnya (Darmono, 2001, dalam Adhani, 2017, hlm. 61)

Masuknya logam berat kedalam lingkungan perairan tidak lepas dari campur tangan manusia ataupun melalui proses alamiah. Menurut (Cai *et.al.*, 1995, dalam Adhani, 2017, hlm. 62) masuknya logam berat kedalam muara secara alamiah dapat melalui bermacam cara, yaitu:

1. Terjadinya erosi didaerah hulu yang disebabkan oleh gelombang air
2. Terjadi letusan gunung berapi bawah laut yang melepaskan logam, partikel dan endapan melalui proses kimiawi
3. Aliran air yang terdapat di sekitar muara, termasuk logam yang terangkut ke udara berupa partikel debu.

Sedangkan keberadaan logam berat di lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia yaitu :

1. Limbah hasil rumah tangga
2. Tidak terkontrolnya limbah industri sehingga masuk kedalam sungai kemudian mengendap jadi sedimen
3. Kegiatan pembakaran batu bara dan hidrokarbon, sehingga air hujan akan bercampur dengan senyawa logam berat yang berada diudara kemudian mengalir melalui sungai.

(Hutagalung, 1997, dalam Adhani, 2017, hlm. 62) mengatakan bahwa didalam lingkungan perairan, logam berat dapat ditemukan kedalam :

1. Terlarut, dimana ion logam dan ion logam bebas air bersama senyawa organik dan anorganik akan membentuk kompleks.
2. Tidak terlarut, berupa partikel berbentuk koloid dan senyawa kompleks metal yang teradsorpsi dengan bahan tersuspensi.

Dengan adanya kelas pada struktur rantai makanan membuat keberadaan dari logam berat akan berpindah dari lingkungan ke organisme, yang kemudian perpindahan logam berat tersebut terjadi dari organisme ke organisme yang lainnya (Yalcin *et.al.*, 2008, dalam Adhani, 2017, hlm. 63). Menurut Hutagalung (1997) dalam Adhani, (2017, hlm. 64) menyebutkan bahwa ada dua hal yang menyebabkan logam berat menjadi bahan pencemar yang berbahaya. Pertama,

keberadaan dari logam berat yang tidak bisa dihancurkan, dan kedua Ketika logam berat tersebut terakumulasi kedalam komponen-komponen suatu lingkungan, terlebih pada air karena akan terbentuk senyawa kompleks secara adsorpsi dan kombinasi bersama bahan organik dan bahan anorganik.

Terjadinya proses akumulasi logam berat pada tubuh hewan air di pengaruhi oleh banyak aspek. Menurut Manahan (2002) dalam Adhani, (2017, hlm. 66) menyebutkan bahwa aspek yang berpengaruh terhadap akumulasi logam berat tersebut antara lain :

1. Konsentrasi logam berat yang terdapat pada sedimen.
2. Konsentrasi logam berat yang terdapat pada air.
3. Derajat keasaman (pH) air serta sedimen yang terdapat pada dasar perairan, hal tersebut dikarenakan kelarutan logam berat akan semakin tinggi pada derajat keasaman (pH) dan sedimen yang rendah.
4. Status pencemaran pada air dalam bentuk COD (*chemical oxygen demand*).
5. Konsentrasi belerang yang terkandung dalam air dan sedimen.
6. Jenis organisme air

Logam berat dengan kadar tinggi bisa menyebabkan kematian pada berbagai jenis organisme perairan. Logam berat pada kadar yang rendah juga dapat menyebabkan kematian hal tersebut disebabkan karena proses akumulasi yang terjadi didalam tubuh organisme yang terpapar oleh logam berat tersebut (Palar, 1994, dalam Adhani, 2017, hlm. 60). Logam berat didalam air akan bersifat toksik bagi organisme apabila terjadi peningkatan konsentrasi yang melebihi nilai baku mutu (Hutagalung, 1997, dalam Adhani, 2017, hlm. 60). Selain bersifat racun, keberadaan dari logam berat akan terakumulasi kedalam endapan serta biota dengan melalui mekanisme gravitasi biokonsentrasi, bioakumulasi serta biomagnifikasi.

“ Logam berat dalam perairan merupakan jenis polutan utama yang mengancam kehidupan invertebrata, ikan dan manusia serta menimbulkan efek buruk yang mengganggu keseimbangan ekologi lingkungan dan keragaman organisme akuatik “ (Atici *et.al.*, 2008, dalam Adhani, 2017, hlm. 63).

1. Pencemaran Logam Berat Arsen (As) pada Air

Logam berat Arsen yang terkandung didalam perairan akibat dari letusan gunung vulkanik serta aktivitas manusia dalam berbagai macam kegiatan seperti penggunaan pupuk dan pestisida dalam bidang pertanian, limbah rumah tangga serta limbah industri yang masuk kedalam perairan. “Arsen tidak rusak oleh lingkungan, hanya berpindah menuju air atau tanah yang dibawa oleh debu, hujan, atau alam” (Mabuat, 2017, hlm. 5).

Pada dasarnya logam berat arsen (As) merupakan zat yang dibutuhkan oleh manusia dalam berbagai kegiatan industri misalnya sebagai pengawet kayu, namun arsen dapat bersifat racun apabila melebihi nilai ambang batas atau baku mutu yang ditetapkan berdasarkan PP No.28 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Adapun baku mutu logam berat arsen (As) pada air yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1. Baku Mutu Kandungan Logam Arsen (As) pada Air

Parameter	Satuan	Baku Mutu
Arsen (As)	mg/L	0,05

Sumber : Peraturan Pemerintah No.28 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air

2. Pencemaran Logam Berat Arsen (As) pada Sedimen

Menurut Sembel (2015, dalam Mabuat 2017, hlm. 8) logam berat arsen masuk kedalam lingkungan dapat di sebabkan oleh debu vulkanik yang keluar ketika letusan gunung berapi, melalui pelapukan bebatuan serta mineral-mineral yang mengandung arsen masuk kedalam air dan mengendap kedalam air tanah. Tidak hanya dari faktor alam, masuknya arsen kedalam perairan dapat berasal dari kegiatan manusia. Arsen dapat berasal dari limbah pertanian misalnya limbah pestisida, herbisida, insektisida dan penggunaan pupuk (widowati *et. al.*, 2008, dalam Mabuat, 2017, hlm. 8). “Beberapa senyawa As tidak bisa larut dalam air dan akhirnya akan mengendap di sedimen” (Widowati *et. al.*, 2008, dalam Mabuat, 2017, hlm. 5). Baku mutu kandungan logam berat arsen (As) pada sedimen berdasarkan *Swedish Enviromental Protection Agency* (SEPA 2002), yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.2. Baku Mutu Kandungan Logam Arsen (As) pada Sedimen

Parameter	Satuan	Baku Mutu
Arsen (As)	mg/kg	< 10

Sumber : *Swedish Enviromental Protection Agency* (SEPA 2002)

3. Pencemaran Logam Berat Arsen (As) pada Ikan

Logam berat arsen (As) yang masuk ke perairan kemudian mengendap dan terakumulasi pada sedimen kemudian terhubung dengan sistem rantai makanan sehingga menyebabkan biota air seperti ikan akan terakumulasi logam berat. Konsentrasi logam berat pada ikan pada umumnya akan lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi logam berat pada air. Penelitian yang dilakukan oleh Mabaat *et. al.*, (2017, hlm. 1), tentang “Analisis Kandungan Logam Berat Arsen (As) pada Air, Ikan, Kerang, dan Sedimen di Daerah Aliran Sungai Tondano Tahun 2017”, menunjukkan bahwa kandungan arsen (As) pada air di daerah aliran sungai Tondano yakni sebesar <0,0002-0,013 mg/l, sementara kandungan arsen (As) yang terdapat pada ikan di daerah aliran sungai Tandano yakni sebesar <0,0002-0,4 mg/kg. Penelitian yang dilakukan oleh mabaat menunjukkan bahwa kandungan logam berat arsen (As) yang terdapat pada ikan lebih tinggi daripada kandungan logam arsen (As) pada air. Berdasarkan baku mutu yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional tentang Batas Maksimum Cemar Logam berat arsen (As) pada ikan yakni sebagai berikut :

Tabel 2.3. Baku Mutu Kandungan Logam Arsen (As) pada Ikan

Parameter	Satuan	Baku Mutu
Arsen (As)	mg/kg	1,0

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (BSN).(2009). Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387 Tentang Batas Maksimal Cemar Logam Berat dalam Pangan, Jakarta

I. Kriteria Mutu Air

Berdasarkan PP No.82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air mengatakan bahwa mutu air merupakan kondisi kualitas air yang diukur dan di uji berdasarkan parameter serta dengan menggunakan metode tertentu. Dalam PP No.82 tahun 2001 disebutkan bahwa kriteria mutu air yang terkait dengan faktor fisika dan kimia anorganik perairan terbagi menjadi empat kelas disajikan pada Tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.4. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

No.	Parameter	Satuan	Kelas				Ket.
			I	II	III	IV	
Fisika							
1.	Suhu	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Kimia Anorganik							
2.	pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9	Apabila secara alamiah dibawah rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
3.	DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
4.	Arsen (As)	mg/L	0,5	1	1	1	

Keterangan:

mg: miligram

L: Liter

J. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5. Tabel Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	John Christian Mabuut, Sri Seprianto Maddusa dan Harvani Boky pada tahun (2017)	Analisis Kandungan Logam Berat Arsen (As) pada Air, Ikan, Kerang dan Sedimen di Daerah Aliran Sungai Tondano Tahun 2017	Daerah Aliran Sungai Tondano	Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu metode deskriptif berbasis laboratorium	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi pada sampel air, ikan, kerang dan sedimen masih berada dibawah batas baku mutu yang ditetapkan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Subjek penelitian yakni Air, Sedimen dan Ikan 2. Objek yang diteliti yaitu Arsen (As) 3. Metode yang digunakan yaitu metode deskriptif 4. Desain penelitian / pengambilan sampel terdiri atas beberapa stasiun 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada penelitian terdahulu dalam pengujian kandungan logam berat menggunakan metode AAS, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode ICP-OES

2.	Julia Putri Adani, Eka Wardhani, Kancitra Pharmawati tahun (2018)	Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) di Air Permukaan dan Sedimen Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat	Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat	Metode yang digunakan yaitu metode survei dan observasi, sedangkan analisis sampel menggunakan metode <i>Inductively Coupled Plasam Mass Spectrometry</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dari dua belas sampling memiliki kisaran antara 0,0005 - 0,0421 mg/L. sedangkan konsentrasi Zn berada pada kisaran 0,1441 – 0,5976 mg/L dan telah melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II. Pada sedimen konsentrasi logam Pb masih memenuhi baku mutu ANZECC	1. Penelitian dilakukan di perairan Waduk Saguling, Jawa Barat 2. Desain penelitian / pengambilan sampel terdiri atas beberapa stasiun	1. Pada penelitian terdahulu logam yang diuji adalah Pb dan Zn 2. Metode uji sampel yang digunakan pada penelitian terdahulu adalah ICP-MS
----	---	---	------------------------------------	---	---	---	---

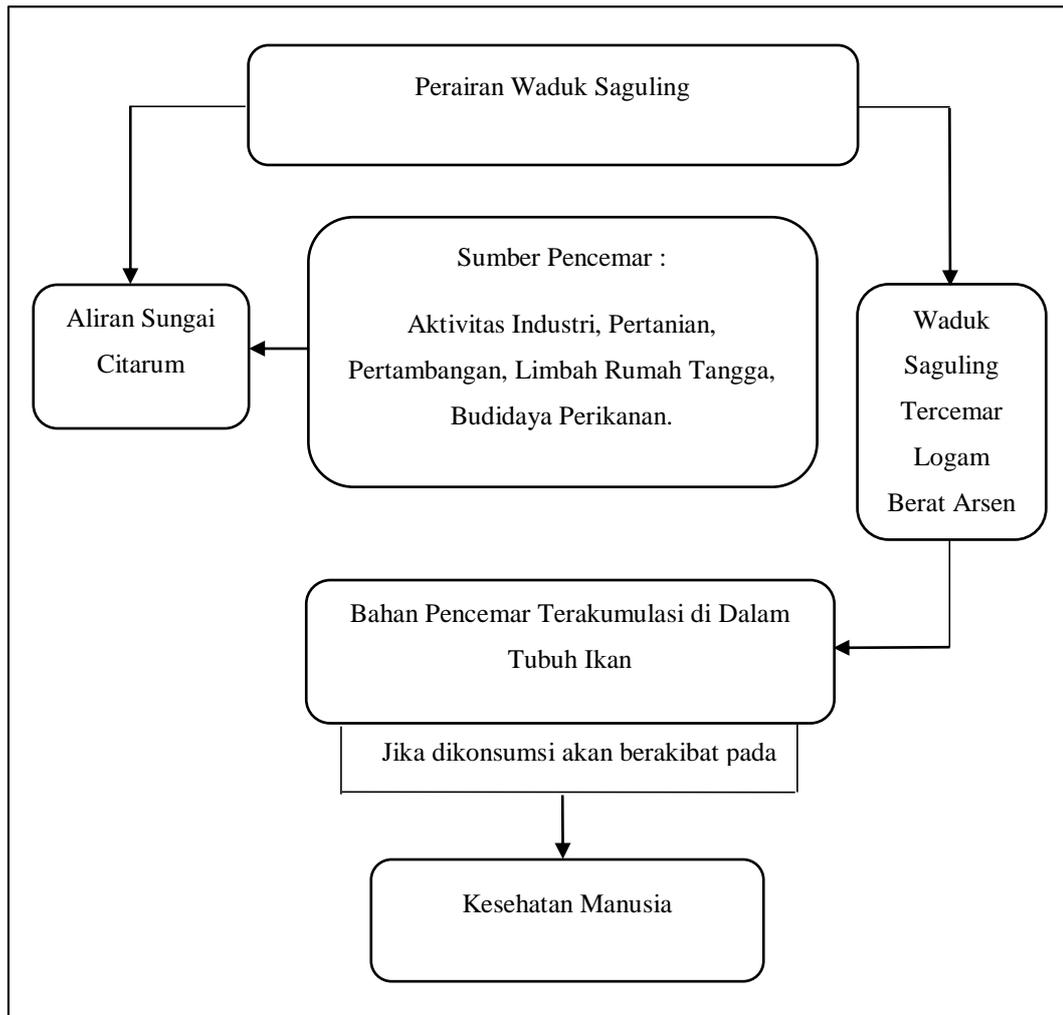
					(2000) begitupun dengan konsentrasi Zn.		
3.	Rapik Kasan, Rizald Max Rompas, Natalie D.C Rumampuk (2015)	Telaah Kandungan Arsen Pada Sedimen di Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo	Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo	Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi logam berat arsen yaitu menggunakan alat <i>Inductively Coupled Plasma optical emission spectrometry</i> (ICP-OES)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat arsen (As) pada sedimen di Sungai Marisha berada dibawah batas baku mutu yang ditetapkan.	1. Subjek penelitian berupa Sedimen 2. Objek penelitian berupa logam berat arsen (As) 3. Menggunakan Metode <i>Inductively Coupled Plasma optical emission spectrometry</i> (ICP-OES)	1. Pada penelitian terdahulu subjek penelitian hanya mengenai kandungan logam berat arsen yang terdapat pada sedimen.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya berdasarkan tabel 2.4. diatas berhubungan dengan penelitian yang akan peneliti lakukan yakni mengenai analisis dan identifikasi logam berat di perairan Waduk Saguling adalah sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh John Christian Mabuak dkk., pada tahun 2017 dengan judul “Analisis Kandungan Logam Berat Arsen (As) pada Air, Ikan, Kerang dan Sedimen di Daerah Aliran Sungai Tondano Tahun 2017” dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa kandungan logam berat arsen (As) pada air, ikan, kerang dan sedimen berada dibawah ambang batas yang ditetapkan.
2. Hasil penelitian yang di tulis oleh Julia Putri Adani dkk., tahun 2018 dengan judul “Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Permukaan dan Sedimen Waduk Saguling”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan timbal (Pb) masih memenuhi standar sedangkan kandungan seng (Zn) sudah melewati nilai baku mutu berdasarkan PP. No. 82 Tahun 2001.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Rapiq Kasan dkk., pada tahun 2015 dengan judul “Telaah Kandungan Arsen Pada Sedimen di Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat arsen (As) pada sedimen di Sungai Marisha berada dibawah batas baku mutu yang ditetapkan.

Secara umum, penelitian yang akan dilakukan oleh penulis berkorelasi dengan ketiga penelitian sebelumnya, dimana keterkaitan tersebut terletak pada lokasi penelitian serta metode yang akan digunakan. Selain itu, variabel-variabel pada penelitian terdahulu memiliki relevansi dengan penelitian yang akan dilakukan yakni sama-sama mengidentifikasi kandungan logam berat yang terdapat pada perairan.

K. Kerangka Pemikiran



Gambar 2. 4 Diagram 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 fungsinya semakin bertambah misalnya untuk perikanan, irigasi, pariwisata dan bahkan sebagai lokasi pembuangan limbah. Dengan bertambahnya pemanfaatan dari waduk tersebut maka akan berakibat terhadap laju penurunan kualitas perairan Waduk Saguling (Wangsaatmaja, 2004, dalam Paramita *et. al.*, 2017, hlm. 2).

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.

L. Pertanyaan Penelitian

Untuk memperkuat rumusan masalah yang di buat, maka peneliti menambahkan pertanyaan penelitian. Pertanyaan-pertanyaan pada penelitian ini antara lain :

1. Berapa konsentrasi logam berat arsen (As) yang terdapat pada air di perairan Waduk Saguling?
2. Berapa konsentrasi logam berta arsen (As) yang terdapat pada sedimen di perairan Waduk Saguling?
3. Berapa konsentrasi logam berat arsen (As) yang terdapat pada ikan di perairan Waduk Saguling?
4. Bagaimana kondisi derajat keasaman (pH) di perairan Waduk Saguling pada saat pengambilan sampel?
5. Berapa nilai oksigen terlarut yang terdapat di perairan Waduk Saguling pada saat pengambilan sampel?
6. Bagaimana tingkat kecerahan di perairan Waduk Saguling pada saat pengambilan sampel?
7. Bagaimana kondisi suhu air di perairan Waduk Saguling pada saat pengambilan sampel?
8. Berapa nilai baku mutu logam berat Arsen (As) pada air, sedimen dan ikan ?

M. Analisis Kompetensi Dasar

Penelitian tentang “Analisis Kandungan Logam Berat Arsen (As) pada Air, Sedimen, dan Ikan di Perairan Waduk Saguling Jawa Barat” memiliki keterkaitan dengan pembelajaran biologi. Penelitian ini menyajikan data faktual mengenai kondisi ekosistem perairan serta secara mendalam membahas mengenai ekosistem buatan berupa waduk. Data-data hasil penelitian ini diantaranya kondisi klimatik seperti tingkat Kecerahan, derajat keasaman (pH) air, suhu perairan serta nilai konsentrasi logam berat yang terdapat didalam perairan tersebut. Logam berat yang dimaksud yaitu arsen (As) yang terakumulasi pada air, sedimen dan ikan yang terdapat pada waduk saguling. Hasil penelitian berkaitan dengan pembelajaran biologi sehingga dapat dijadikan contoh konkret mengenai keadaan ekosistem dan

lingkungan serta berbagai macam pencemaran yang dapat mengakibatkan kerusakan pada ekosistem.

Materi pembelajaran mengenai ekosistem dan pencemaran ekosistem berdasarkan kurikulum 2013 pada pembelajaran SMA kelas X yakni yang terdapat pada KD 3.11 yaitu “Menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan” dan pada KD 4.11 yakni “Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di lingkungan sekitar”. Dengan demikian data dari hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu rujukan atau bahan ajar pada pembelajaran biologi.