

BAB II

TINJAUAN MENGENAI EKOSISTEM, LOGAM BERAT BESI (Fe) DAN PENCEMARAN LOGAM BERAT BESI (Fe) PADA AIR, SEDIMEN DAN IKAN

A. Ekosistem

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai ekosistem meliputi pengertian ekosistem dan penyusun ekosistem. Pengertian ekosistem dan komponen ekosistem lebih rinci akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Pengertian Ekosistem

Jika kita amati dengan seksama, dalam konteks kehidupan di bumi terdapat komponen-komponen yang saling keterkaitan satu dengan yang lainnya bahkan saling ketergantungan. Misalnya hewan, tumbuhan, air, cahaya matahari dan sebagainya. Para ahli biologi khususnya bioekologi menyebut fenomena tersebut sebagai ekosistem. Berkaitan dengan konsep ekosistem, Tansley (1935 dalam Mulyadi, 2010. hlm. 1) mengatakan bahwa:

Ekosistem adalah hubungan timbal balik antara komponen biotik (tumbuhan, hewan, manusia, dan mikroba) dengan komponen abiotik (cahaya, udara, air, tanah) di alam, sebenarnya merupakan hubungan komponen yang membentuk suatu sistem". Yang berarti bahwa baik dalam struktur maupun dalam fungsi komponen-komponen tadi merupakan suatu kesatuan yang tidak terpisahkan. Sebagai konsekuensinya apabila salah satu komponen terganggu, maka komponen-komponen lainnya secara cepat atau lambat akan terpengaruhi. Sistem alam ini oleh Tansley disebutkannya sistem ekologi atau ekosistem.

Sedangkan Soemarwoto, 1983 dalam Effendi *et. al.* (2018 hlm. 2) menjelaskan bahwa ekosistem merupakan suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh adanya hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Hubungan atau tingkatan organisasi ini dikatakan sebagai suatu sistem dikarenakan adanya komponen-komponen dengan fungsi berbeda namun terkoordinasi sehingga hubungan timbal balik terjadi.

Berdasarkan definisi-definisi ekosistem diatas, maka dapat dirumuskan bahwa ekosistem atau sistem ekologi merupakan suatu hubungan timbal balik antara makhluk hidup (biotik) dengan lingkungannya (abiotik) yang saling memengaruhi satu sama lain. Tiga komponen utama yang terjadi pada ekosistem yakni unsur biotik atau makhluk hidup, unsur abiotik atau lingkungan dan unsur kesalingtergantungan antar keduanya sehingga membentuk suatu sistem yang lebih besar dan kompleks.

2. Komponen Penyusun Ekosistem

Sitanggang *et. al.* (2015 hlm. 4) mengelompokkan komponen penyusun ekosistem menjadi dua macam yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik yakni bagian dari ekosistem yang terdiri atas makhluk hidup yang didalamnya terdiri atas produsen, konsumen dan dekomposer. Sedangkan komponen abiotik adalah komponen ekosistem yang terdiri atas komponen bukan makhluk hidup, misalmnya air, udara, cahaya matahari dan mineral.

Sehingga pada prinsipnya dapat kita rumuskan bahwa semua makhluk hidup yang ada dipermukaan bumi tidak terlepas dan saling ketergantungan satu sama lain baik dengan sesama makhluk hidup maupun dengan lingkungannya dan lebih jauh secara konsep ekologi keadaan tersebut dinamakan ekosistem.

B. Ekosistem Perairan

Setelah mengamati komponen-komponen yang terlibat dalam pembentukan suatu ekosistem, maka kita dapat mengelompokkan macam-macam atau tipe ekosistem kedalam beberapa tipe sesuai karakteristik dan fungsinya. Diantara tipe-tipe ekosistem tersebut, Utomo, (2014 hlm. 15) membagi tipe ekosistem kedalam dua kelompok besar yakni ekosistem darat dan ekosistem perairan, sedangkan ekosistem perairan diuraikan lagi menjadi ekosistem air tawar dan ekosistem air asin (laut).

1. Ekosistem Perairan Tawar

Sebagaimana diketahui bahwa sebagian besar dari bumi terdiri atas perairan, salah satu komponen yang menjadi bagian dari ekosistem perairan yang mengisi bumi adalah ekosistem perairan tawar. Menurut Ondara (1986 dalam Soegianto 2010 hlm. 1) bahwa ekosistem perairan tawar merupakan semua perairan atau badan air di permukaan bumi yang mengarah ke darat dari garis pasang surut air laut terendah baik yang berair tawar maupun payau..

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

Lebih lanjut Utomo, *et. al.* (2014 hlm. 3) menjelaskan bahwa ekosistem perairan tawar dibagi atas dua macam berdasarkan karakteristik perairannya yaitu perairan mengalir (*lotic*) dan perairan menggenang (*lentic*). Kedua jenis perairan ini dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya aliran air yang terdapat didalamnya. Sedangkan sungai dan parit merupakan salah satu contoh perairan mengalir, sedangkan kolam, danau, Waduk adalah sebagian contoh dari perairan tergenang.

2. Ekosistem Perairan Asin (Laut)

Pada dasarnya pembatas perairan laut hampir sama dengan perairan tawar, Utomo *et. al.* (2014 hlm. 8) menjelaskan bahwa ekosistem perairan laut adalah lingkungan perairan yang memisahkan antara daratan satu dengan daratan lain, luas perairan ini hampir 70% dari seluruh permukaan bumi serta ciri utamanya adalah perairan ini tidak terpisah satu sama lain atau saling terhubung.

Dari penjelasan tersebut, dapat kita rumuskan bahwa pada dasarnya ekosistem perairan tawar dengan ekosistem perairan laut memiliki kesamaan yang erat. Faktor pembatas keduanya juga pada dasarnya sama, suhu, pH, kecerahan, dan faktor-faktor klimatik yang lain juga sama. Yang paling berbeda dari keduanya adalah kandungan garam, kandungan garam pada ekosistem laut lebih tinggi jika dibandingkan dengan ekosistem perairan tawar, hal ini juga berkaitan dengan biota atau organisme yang mampu hidup didalam kedua perairan tersebut.

C. Ekosistem Waduk

Jika dilihat dari bentuk dan struktur serta fungsinya, Waduk bisa dikatakan sebagai salah satu bagian dari jenis ekosistem perairan tawar buatan yang secara spesifik direncanakan dan dikonstruksi pembangunannya. Pada umumnya Waduk sengaja dibangun untuk keperluan pembangkit listrik, namun ada juga yang dibangun untuk keperluan irigasi atau penahan banjir misalnya.

1. Definisi Waduk

Mengutip penjelasan Pusat Litbang Sumber Daya Air, (2019) mengenai Waduk sebagai berikut :

Waduk adalah salah satu sumber air tawar yang menunjang kehidupan semua makhluk hidup dan kegiatan sosial ekonomi manusia. Air Waduk digunakan untuk berbagai pemanfaatan antara lain sumber baku air minum, irigasi, pembangkit listrik, perikanan dan sebagainya. Waduk sering juga disebut danau buatan yang besar. Menurut Komisi Dam Dunia Bendungan/Waduk besar adalah bila tinggi bendungan lebih dari 15 m.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015, tentang Bendungan, menyatakan “bendungan adalah bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton dan pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (tailing), atau menampung lumpur sehingga terbentuk Waduk”. Sedangkan menurut PP No. 37 Tahun 2010 Waduk atau bendungan adalah “bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun

untuk menahan dan menampung limbah tambang (tailing), atau menampung lumpur sehingga terbentuk Waduk”

2. Tipe-tipe Waduk

Ditinjau dari beberapa hal bendungan memiliki beberapa tipe serta manfaat tersendiri, seperti yang diungkapkan oleh Riadi dalam KajianPustaka.com, bahwa tipe-tipe Waduk atau bendungan yaitu :

a. Berdasarkan Tujuan Pembangunannya

Berdasarkan tujuan pembangunannya Waduk atau bendungan dibagi kedalam dua macam yaitu bendungan dengan tujuan tunggal (*single purpose dam*) dan bendungan serbaguna (*multipurpose dam*).

1. Bendungan dengan tujuan tunggal (*single purpose dam*) adalah waduk yang dibangun dengan kepentingan atau tujuan hanya untuk memenuhi salah satu tujuan saja, misalnya hanya untuk kepentingan penampung air saja atau pembangkit listrik.
2. Bendungan serbaguna (*multipurpose dam*) yakni jenis Waduk yang dibangun dengan mempertimbangkan lebih dari satu tujuan saja, misalnya untuk kebutuhan irigasi, PLTA sekaligus penampung air atau pencegah banjir misalnya.

b. Berdasarkan Penggunaannya

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

1. Bendungan penampung air (*storage dam*) bendungan ini bertujuan untuk menampung air pada musim penghujan untuk digunakan pada saat kekurangan air.
2. Bendungan pembelok (*diversion dam*) yaitu bendungan yang digubakan untuk menaikkan permukaan air untuk tujuan dialirkan kepada daerah atau aliran yang memerlukan seperti irigasi dan sebagainya.

3. Bendungan penahan (*detention dam*) adalah tipe bendungan yang bertujuan untuk menahan laju air atau sebagai pencegah banjir misalnya. Laju air ditampung secara berkala dan dialirkan atau dikeluarkan melalui pembuangan (*outlet*)

c. Berdasarkan Material Pembentuknya

1. Bendungan urugan (*rock fill dam, embankment dam*) yaitu jenis waduk yang dibangun hanya mengandalkan material hasil galiannya saja, tanpa tambahan material lain.
2. Bendungan beton (*concrete dam*) adalah bendungan yang dibangun dari konstruksi beton.

3. Fungsi Waduk

Fauzi (2018 hlm. 8) menyatakan bahwa peran fungsi waduk dapat dilihat dari dua sudut utama yakni sudut tata air dan sudut ekologi. Dari sudut tata air waduk berfungsi sebagai reservoir yang dapat dimanfaatkan airnya untuk keperluan tertentu. Sedangkan dalam sudut ekologi waduk terdiri atas unsur air, unsur kehidupan akuatik yang hidup didalamnya serta daratan yang dipengaruhi oleh tingginya rendahnya muka air waduk tersebut.

Dilansir dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, PUPR (2020) bahwa “fungsi bendungan adalah untuk penampungan air guna memenuhi berbagai kebutuhan seperti, air baku, PLTA, PLTMH dan pengendali banjir, dan imbuan air tanah....”.

Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa bendungan atau waduk memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan manusia terutama kaitannya dengan pemenuhan kebutuhan air. Berbagai fungsi pemenuhan kebutuhan air tersebut terutama dalam pertanian, perikanan, pembangkit listrik bahkan pariwisata. Selain itu, analisa lebih lanjut Waduk juga berperan penting dalam mencegah terjadinya berbagai bencana air seperti banjir dan erosi tanah.

D. Waduk Saguling

1. Profil Waduk Saguling



Gambar 2. 1
Bendungan (DAM) Waduk Saguling

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

Waduk Saguling merupakan salah satu Waduk buatan yang terletak di Jawa barat, fungsi dasar Waduk Saguling adalah sebagai daerah tangkapan air sungai untuk keperluan pembangkit listrik, namun Waduk Saguling juga dimanfaatkan oleh warga sekitar sebagai tempat budidaya ikan keramba.

Waduk Saguling dibangun pada tahun 1985, gagasan pembangunan Waduk kaskade Sungai Citarum berasal dari para ahli pengairan pada abad ke 19 setelah melalui survei awal antara lain topografi dan hidrologi. Waduk ini merupakan sebuah badan air besar yang memiliki volume air sekitar $2.165 \times 10^5 \text{ m}^3$.

Dilansir dari jabarprov.go.id, 2020, secara rinci menjelaskan mengenai Waduk Saguling sebagai berikut:

Waduk Saguling adalah Waduk buatan yang terletak di Kabupaten Bandung Barat pada ketinggian 643 m di atas permukaan laut. Waduk ini merupakan salah satu dari tiga Waduk yang membendung aliran Sungai Citarum yang merupakan sungai terbesar di Jawa Barat. Dua Waduk lainnya adalah Waduk Jatiluhur dan Waduk Cirata dan di kelola oleh nak perusahaan Perusahaan Listrik Negara (PLN) yaitu oleh PT. Indonesia Power. Dengan

mempertimbangkan permasalahan lingkungan di daerah itu, Saguling ditata- ulang sebagai bendungan multiguna, termasuk untuk kegunaan pengembangan lain seperti perikanan, agri-akuakultur, pariwisata, dan lain- lain. Sekarang, Waduk ini juga digunakan untuk kebutuhan lokal seperti mandi, mencuci, bahkan untuk membuang kotoran. Hal ini membuat Waduk Saguling kondisinya lebih mengkhawatirkan ketimbang Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur yang sudah dibangun lebih dahulu. Hal tersebut terjadi karena sebagai pintu pertama Sungai Citarum, di Saguling inilah semua kotoran "disaring" untuk pertama kali sebelum kemudian disaring kembali oleh Waduk Cirata dan terakhir oleh Waduk Jatiluhur. Daerah di sekitar Waduk Saguling berupa perbukitan, dengan banyak sumber air yang berkontribusi pada Waduk. Hal tersebut membuat bentuk Waduk Saguling sangat tidak beraturan dengan banyak teluk. Daerah Waduk ini awalnya adalah berupa daerah pertanian. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, kualitas air di Waduk Saguling sudah banyak menurun yang disebabkan oleh pencemaran yang berasal dari kegiatan pertanian, industri, penduduk dan aktivitas budidaya perikanan yang ada di Waduk Saguling”.

2. Kondisi Sosial Ekonomi Waduk Saguling



Gambar 2. 2
Salah Satu Lokasi Keramba Jaring Terapung Waduk Saguling

(Sumber: <http://tribunjabar.id>)

Kegiatan utama yang terjadi di Waduk Saguling adalah aktivitas Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah aktivitas budidaya perikanan dengan sistem Keramba Jaring Terapung (KJA). Seperti dikutip dari laman jabarprov.go.id, 2020 bahwa:

“Semula, Waduk Saguling direncanakan hanya untuk keperluan menghasilkan tenaga listrik. Pada tahap pertama pembangkit tenaga listrik yang dipasang berkapasitas 700 MW, tetapi bila di kemudian hari ada peningkatan kebutuhan listrik pembangkit dapat ditingkatkan hingga mencapai 1.400 MW. Badan yang bertanggungjawab dalam pembangunannya adalah Proyek Induk Pembangkit Hidro (PIKITDRO) dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), Departemen Pertambangan dan Energi (sekarang menjadi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Namun seiring dengan berjalannya waktu, Waduk Saguling tidak hanya difungsikan sebagai daerah PLTA saja, tetapi dimanfaatkan sebagai daerah budidaya ikan dan saluran irigasi. Seperti data yang dihimpun oleh Mulyadi *et. al.* (2011 hlm. 10), lokasi aktivitas perikanan di Waduk Saguling berpusat di tiga titik utama yakni terletak pada tiga kecamatan yaitu kecamatan Cililin, Cipongkor dan Batujajar. Lokasi KJA pada setiap kecamatan berbeda beda, selain itu jenis ikan yang di budidayakan juga berbeda.”

E. Faktor Fisika dan Kimia Perairan

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

1. Suhu Perairan

Suhu air merupakan salah satu faktor penting dalam kaitannya dengan kehidupan makhluk hidup di perairan. Suhu merupakan faktor eksternal yang paling mudah diamati dan ditentukan. Aktivitas metabolik serta proses sebaran organisme di lingkungan air banyak dipengaruhi oleh suhu air. Nontji, (2005 dalam Hamuna *et. al.* 2018 hlm. 38).

Suhu juga memengaruhi kehidupan dan pertumbuhan biota air, suhu pada badan air dipengaruhi oleh kondisi eksternal seperti musim, lintang, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan dan aliran serta kedalaman air iru sendiri. Kenaikan suhu air akan menyebabkan kenaikan dekomposisi bahan

organik oleh mikroba pada air. (Effendi, 2003 dalam Hamuna, *et. al.* 2018 hlm. 38).

Selain itu, kenaikan suhu juga dapat menimbulkan stratifikasi atau pelapisan air, sedangkan stratifikasi air ini akan memengaruhi proses pengadukan air yang diperlukan dalam rangka sirkulasi oksigen. (Kusumaningtyas, *et. al.*, 2014 dalam Hamuna *et. al.* 2018, hlm. 38). Sedangkan kondisi suhu air yang umum dijumpai serta cocok untuk budidaya ikan pada perairan tropis adalah berkisar antara 26°C sampai 31°C (Nastiti, *et. al.* 2018 hlm. 103).

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

2. Kecerahan Perairan

Kecerahan perairan adalah kondisi atau keadaan fisik sampai dimana air dapat ditembus oleh cahaya. Mengetahui tingkat kecerahan air sangat penting dalam kaitannya dengan monitoring kualitas air, dengan diketahui sampai sejauh mana tingkat kecerahan air, maka dapat diprediksi sampai dimana ada kemungkinan kehidupan biota air itu. Dalam kata lain, kecerahan air merupakan petunjuk atau indikator yang dapat dijadikan pegangan dalam penentuan kualitas air.

Widiadmoko, (2013 dalam Hamuna *et. al.* 2018, hlm. 37) menyatakan bahwa kemampuan cahaya matahari untuk menembus sampai ke dasar perairan dipengaruhi oleh kekeruhan (*turbidity*) air pada suatu perairan tertentu. Sehingga tingkat kecerahan dan kekeruhan air sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan biota atau organisme air pada perairan itu.

3. Derajat Keasaman (pH) Perairan

Simanjuntak, 2009 dalam Hamuna *et. al.* 2018, hlm. 38 menjelaskan bahwa “derajat keasaman (pH) merupakan logaritma negatif dari konsentrasi

ion-ion hidrogen yang terlepas dalam suatu cairan dan merupakan indikator baik buruknya suatu perairan pH suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan.”

Lebih jauh, pH air dapat dikaitkan dengan tingkat polusi atau cemaran yang ada pada suatu perairan. Asam atau basa pH suatu perairan ditentukan oleh zat-zat yang ada dan larut pada air tersebut, sehingga pH air juga sangat berpengaruh terhadap organisme yang ada pada perairan tersebut.

4. Oksigen Terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO)

Oksigen terlarut merupakan konsentrasi oksigen yang terdapat pada air. oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) merupakan elemen yang sangat dibutuhkan oleh semua organisme hidup yang ada di air untuk proses pernapasan maupun pertumbuhan dan perkembangan. (Hutabarat, 1985 dalam Hamuna *et. al* 2018, hlm. 39).

Setiap organisme yang hidup di air baik hewan maupun tumbuhan memiliki tingkat kebutuhan oksigen yang berbeda, tergantung jenis dan juga aktivitas organisme tersebut (Gemilang *et al.*, 2017 dalam Hamuna *et. al* 2018, hlm. 37).

F. Logam Berat pada Lingkungan Perairan

Logam berat adalah salah satu polutan lingkungan yang umum dan sering di jumpai dalam lingkungan perairan. Logam berat dapat berdampak negatif bagi kehidupan organisme yang menggunakan perairan tersebut, baik hewan, tumbuhan maupun manusia. Adanya kandungan logam pada organisme yang terakumulasi menunjukkan adanya sumber logam berat yang berasal dari alam atau aktivitas manusia (Mohiduddin, *et. al.*, 2011 dalam Kamarati, *et. al.*, 2018 hlm. 50)

Menurut Palar (2012 dalam Riadi, 2019), secara umum ciri utama logam berat yaitu memiliki kemampuan sebagai konduktor atau penghantar energi listrik, rapat masanya tinggi dan dapat membentuk alloy dengan logam yang lain dan pada logam yang karakteristiknya padat maka mudah dibentuk.

Sedangkan menurut Sutamihardja *et. al.*, (1982 dalam Riadi, 2019), logam berat setidaknya memiliki sifat sulit didegradasi, dapat terakumulasi dalam organisme dan mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasi logam berat pada sedimen akan cenderung lebih tinggi jika dibandingkan pada air.

Riadi, (2019) mengelompokkan logam berat kedalam kategori berdasarkan sifat racunnya, yaitu sangat beracun atau dapat mengakibatkan kematian ataupun gangguan kesehatan seperti Hg, Pb, Cd, Cr, As; moderat atau mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang pulih maupun tidak dalam waktu yang relatif lama misalnya Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Co, dan Rb; kurang beracun yakni dalam jumlah besar akan mengakibatkan gangguan kesehatan misalnya Al, Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti, dan Zn dan tidak beracun misalnya Na, Al, Sr, dan Ca.

Ketika berada dalam ekosistem perairan, logam berat bersifat mudah mengikat bahan-bahan organik, mengendap pada dasar perairan dan menyatu dengan sedimen, sehingga konsentrasinya pada sedimen akan lebih tinggi (Harahap, 2007 dalam Riadi, 2019). Kaitannya dengan kondisi morfologi dan hidrologi, logam berat pada dasarnya dapat terakumulasi disepanjang perairan, apabila terpapar pada organisme, konsentrasi logam berat yang tinggi dapat berperan sebagai toksik atau racun yang berbahaya dan terakumulasi pada organ vital organisme tersebut (Akoto, *et. al.*, 2008 dalam Pratama, 2012 hlm. 2).

Dari definisi yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa logam berat merupakan zat yang dalam jumlah tertentu sebetulnya dibutuhkan bagi kehidupan organisme namun jika jumlahnya melebihi ambang batas normal dapat bersifat racun bagi organisme itu sendiri. Logam berat yang berada di perairan dapat bersumber dari lingkungan perairan itu sendiri atau akibat aktivitas manusia serta dapat terakumulasi pada organisme yang hidup pada perairan tersebut.

G. Logam Berat Besi (Fe)

Dalam kehidupan sehari-hari sebetulnya kita sering bersentuhan dengan logam berat. Dalam berbagai aspek kehidupan seperti kesehatan, pertanian, industri dan

lain-lain logam berat seringkali memiliki peranan penting sebagai penunjang. Logam berat besi (Fe) merupakan salah satu dari sekian banyak logam berat yang terdapat dalam kehidupan manusia.

1. Pengertian Logam Berat Besi (Fe)

Besi adalah logam transisi yang jumlahnya sangat melimpah di bumi. Dari aspek biologis besi adalah nutrisi yang penting bagi makhluk hidup, namun dari sisi lain besi dapat menjadi racun apabila jumlahnya tidak dikendalikan. (Albretsen, 2006 dalam Adani, 2017, hlm.14).

Logam berat Besi (Fe) adalah salah satu logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh makhluk hidup, namun dengan konsentrasi dengan jumlah melebihi ambang batas normal, maka akan menimbulkan efek toksik atau racun. Bagi manusia, kandungan logam Fe berlebihan apabila dikonsumsi maka akan menimbulkan gangguan kesehatan seperti keracunan, kerusakan usus, radang pada sendi dan sebagainya (Parulian, 2009 dalam Supriyantini, 2015 hlm. 39).

Berdasarkan definisi tersebut dapat dirumuskan bahwa logam berat besi (Fe) merupakan salah satu logam berat yang banyak terdapat di bumi bahkan disekitar manusia. Dalam kehidupan sehari-hari bahkan pada proses tumbuh kembang besi sering dijumpai dan dibutuhkan. Namun, dengan jumlah diatas ambang batas aman atau melebihi tingkat toleransi tubuh terhadap kandungan besi tersebut, besi dapat menjadi toksik atau racun yang justru menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia.

2. Karakteristik Logam Besi (Fe)



Gambar 2. 3Logam Besi (Fe)
(Sumber: <https://id.wikipedia.org/wiki/Besi>)

Seperti diketahui bahwa besi (Fe) adalah logam esensial yang karakteristiknya liat bahkan cenderung keras. Berkaitan dengan itu Satria (2015 hlm. 6) mengidentifikasi karakteristik fisika dan kimia logam besi (Fe) yaitu ambang : Fe, nomor atom : 26, golongan, periode : 8,4, penampilan : metalik mengkilap keabu-abuan, massa Atom : 55,854 (2) g/mol, konfigurasi elektron : [Ar] 3d⁶ 4s² , fase : padat , massa jenis (Suhu Kamar) : 7,86 g/cm³, titik lebur : 1811 °K (1538 °C, 2800 °F), titik didih : 3134 °K (2861 °C, 5182 °F) dan kapasitas kalor : (25 °C) 25,10 J/ (mol.K)

Selanjutnya Apriani, (2011) dalam Arba (2017 hlm. 22) menjelaskan karakteristik kimia besi (Fe) dalam perairan adalah sebagai berikut :

“Sifat kimia perairan dari besi adalah sifat redoks, pembentukan kompleks dan metabolisme oleh mikroorganisme. Besi dengan bilangan oksidasi rendah, yaitu Fe (II) umum ditemukan dalam air tanah dibandingkan Fe (III) karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme sehingga menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah. Air tanah yang mengandung besi (II) mempunyai sifat unik. Dalam kondisi tidak ada oksigen air tanah yang mengandung besi (II) jernih, begitu mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari atmosfer ion ferro akan berubah menjadi ion ferri dengan reaksi sebagai berikut : $4 \text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 8 \text{H}^+$ dan air menjadi keruh. Pada pembentukan besi

(III) oksidasi terhidrat yang tidak larut menyebabkan air berubah menjadi abu-abu”.

Logam berat Besi (Fe) yang terlarut dalam air dapat berbentuk kation ferro (Fe^{2+}) atau kation ferri (Fe^{3+}). Hal ini dipengaruhi oleh pH dan oksigen yang terlarut dalam air. Besi terlarut dalam bentuk senyawa tersuspensi, sebagai butir koloidal seperti $\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeO , Fe_2O_3 dan lain-lain (Ronquillo, 2009 dalam Firmanssyaf *et. al.* 2013 hlm. 46). Logam berat Besi (Fe) pada air apabila melebihi batas, akan menyebabkan berbagai masalah dengan indikasi yaitu adanya endapan korosif, gangguan fisik berupa timbulnya bau, warna dan rasa yang tidak enak serta berdampak negatif bagi kesehatan organisme (Ronquillo, 2009 dalam Firmanssyaf *et. al.* 2013 hlm. 46)

3. Manfaat Logam Berat Besi (Fe)

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa logam besi (Fe) adalah zat yang diperlukan oleh manusia, besi sering terdapat pada makanan dan minuman sebagai zat penunjang pertumbuhan dan perkembangan manusia. Daging merah dan bayam adalah salah satu makanan yang terdapat zat besi dan sering dikonsumsi manusia. Jika disimpulkan, besi merupakan besi pada dasarnya tidak terlepas dari kebutuhan manusia terutama berkaitan dengan kebutuhan nutrisi. Berkaitan dengan itu, Rusmawan, *et. al.*, (2011 dalam Fiskanita, *et. al.*, 2015 hlm. 178) menjelaskan bahwa zat besi adalah komponen yang terdiri atas berbagai enzim yang memengaruhi keseluruhan reaksi kimia penting dalam tubuh. Besi juga komponen dari hemoglobin yakni 75% yang memungkinkan sel darah merah mengangkut oksigen dan menyebarkannya ke jaringan tubuh.

4. Bahaya Logam Berat Besi (Fe) bagi Kesehatan

Keberadaan besi dalam tubuh selain memberikan manfaat juga memberikan dampak yang negatif dan berbahaya. Kaitannya dengan gangguan yang dapat disebabkan oleh logam besi (Fe) bagi tubuh, Satria (2015 hlm. 7) menjelaskan bahwa besi dalam jumlah di atas normal dalam tubuh manusia dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Hal ini karena pada dasarnya tubuh manusia tidak dapat mengekspresikan besi (Fe).

Bahan konsumsi seperti air yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual bagi yang mengonsumsinya. Kandungan logam besi (Fe) yang berlebihan akan menyebabkan kerusakan pada dinding usus, pada kondisi inilah biasanya kematian terjadi akibat cemaran besi tadi. Kandungan besi (Fe) diatas 1 mg/l akan menyebabkan kerusakan juga pada kulit dan mata.

H. Pencemaran Ekosistem Perairan Tawar

Undang-undang No. 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup telah dijelaskan pengertian pencemaran sebagai berikut :

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

Dalam kaitannya dengan pencemaran yang bterjadi pada ekosistem perairan, bahan pencemar yang dapat menimbulkan pencemaran disebut sebagai polutan. Putri dalam Harian Kompas (2020) mengemukakan bahwa “polutan merupakan zat atau bahan yang mengakibatkan pencemaran disebut polutan atau bahan pencemar. Bahan pencemar adalah zat, partikel atau organisme yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan secara langsung maupun tidak langsung mengurangi kualitas lingkungan hidup”. Selain itu pada PP nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air juga telah diatur ketentuan dan aturan serta informasi terkait pencemaran air, pengendalian serta pedoman penentuan status perairan berdasarkan peruntukannya.

Jika dikaitkan dengan konsep sebab akibat, penyebab terjadinya pencemaran pada suatu perairan dipengaruhi oleh adanya zat polutan yang masuk kedalam perairan itu. Seperti yang dikemukakan oleh Darmono (1995 dalam Kamarati, *et. al.* 2018 hlm. 55) bahwa konsentrasi logam berat pada suatu perairan dipengaruhi oleh adanya buangan limbah baik domestik, industri dan pertanian yang masuk ke perairan itu.

1. Pencemaran Logam Berat Besi (Fe) pada Air

Logam berat termasuk Fe yang terkandung dalam perairan dapat berupa pengikisan dari batuan mineral yang terdapat disekitar perairan. Selain itu partikel logam di udara yang terbawa saat hujan juga dapat menjadi bagian sebagai polutan pencemar pada daerah perairan serta dari hasil aktivitas manusia misalnya pembukaan lahan maupun limbah industri yang terbawa oleh aliran air (Wanna, *et. al.* 2017 hlm. 10)

Pratama (2012 hlm. 119) menyatakan bahawa konsentrasi logam berat dalam air sebetulnya secara alamiah berada dalam jumlah yang relatif sedikit, aktivitas manusia di hulu dan sepanjang Daerah Aliran Sungai seperti kegiatan industri dan pertanianlah yang menyebabkan konsentrasinya meningkat. Dalam kaitannya dengan kandungan logam berat atau pencemaran logam berat Besi (Fe) pada air, pada dasarnya logam besi (Fe) adalah zat yang dibutuhkan oleh makhluk hidup terutama manusia sebagai unsur utama pembentuk hemoglobin, namun dapat menjadi racun ketika jumlahnya berada diatas ambang batas atau baku mutu yang diperbolehkan. Adapun baku mutu logam berat besi pada air adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1

Baku Mutu Kandungan Logam Besi (Fe) pada Air

Jenis Sampel	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Air	Besi (Fe)	mg/L	1. 0,3 (WHO, 2003) 2. 0,5 (USEPA 1986) 3. 0,45 (WPCL, 2004)

Sumber :

1. WHO.(2003). Malathion in Drinking Water. Back Ground Document for Presentation of WHO Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organistation (WHO/SDE/WSH/03.04/103). Geneva
2. USEPA.(1986). Quality Criteria for Water. EPA-440/5-86-001, Office of Water Regulation Standards, Washington DC, USA
3. WPCL.(2004). Land Based Water Quality Classification. Official Journal, 25687, Water Pollution Control Legislation, Turkey

2. Pencemaran Logam Berat Besi (Fe) pada Sedimen

Sedimen adalah partikel atau material yang umumnya terdiri atas batuan fisis dan kimia. Partikel ini memiliki ukuran yang beragam dari yang kecil hingga besar dan bentuk yang juga beragam. Sedimen merupakan dasar perairan yang merupakan tempat terjadinya pengendapan berbagai macam zat termasuk logam berat. Konsentrasi logam berat pada sedimen lebih banyak disebabkan oleh pencemaran akibat kegiatan manusia dibandingkan dengan akibat proses alami melalui pelapukan (Wakida *et. al.*, 2008 dalam Paramita, 2017 hlm. 2).

Pada dasarnya sedimen merupakan bagian dari komponen perairan pada suatu ekosistem air. Kaitannya dengan pencemaran logam pada perairan, dapat terjadi pula pada bagian sedimen sebagaimana terjadi pada air. Lebih jauh, konsentrasi pencemaran logam pada bagian sedimen justru lebih tinggi dibandingkan konsentrasi logam pada air apalagi pada perairan lentik atau perairan tenang seperti danau atau Waduk. Seperti yang dikemukakan oleh Supriyantini, *et. al.* (2015 hlm. 42) menjelaskan bahwa konsentrasi logam berat pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi pada air, ini disebabkan oleh adanya sedimentasi yang dialami oleh logam berat tersebut.

Palar (1994 dalam Firmansyaf, 2013 hlm. 49) menyatakan bahwa kandungan logam berat pada sedimen akan cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan di air, hal ini disebabkan oleh sifat logam yang pada perairan akan mengendap dalam kurun waktu tertentu dan kemudian akan terakumulasi di dasar perairan. Pengendapan pada sedimen terjadi karena berat jenis logam lebih tinggi dibandingkan dengan berat jenis air (Hutagalung, 1991 dalam Firmansaf, 2013 hlm. 49). Selain itu, kondisi cuaca juga berkaitan dengan konsentrasi logam besi (Fe) pada sedimen. Bryan (1976 dalam Firmansyaf, 2013 hlm. 49) menjelaskan bahwa pada musim penghujan konsentrasi logam akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan musim kemarau, ini berkaitan dengan laju erosi atau partikel pada perairan tersebut.

Palar (1994 dalam Firmansyaf, 2013 hlm 49) menyatakan bahwa “kandungan cemaran Besi (Fe) pada sedimen cenderung tinggi karena kandungan logam berat Fe pada air yang tinggi pula yang pada akhirnya mengalami pengendapan seiring

waktu”. Kandungan logam berat Besi (Fe) pada sedimen berkaitan dengan potensi pencemaran atau terakumulasinya kandungan logam berat Besi (Fe) tersebut pada organisme yang hidup pada perairan terutama ikan. Adapun baku mutu yang berlaku pada sedimen berkaitan dengan konsentrasi besi (Fe) yakni sebagai berikut :

Tabel 2.2
Baku Mutu Kandungan Logam Berat Besi (Fe) pada Sedimen

Jenis Sampel	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Sedimen	Besi (Fe)	mg/kg	1. 20 2. $\geq 35,30$

Sumber :

1. Baku mutu sedimen dengan *standar sediment quality guideline values for metals and associated levels of concern to be used in doing assessments of sediment quality*. (2003)
2. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2009. SQUIRT (Screening Quick Reference Tables for in Sediment).

3. Pencemaran Logam Berat Besi (Fe) pada Ikan

Ikan merupakan salah satu organisme perairan yang hidup dan kehidupannya sangat dipengaruhi oleh kualitas perairan tempat hidupnya. Kondisi perairan yang tercemar oleh logam Besi (Fe) tidak hanya akan menyebabkan racun terhadap tumbuhan, tetapi juga pada hewan dan manusia. Ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit terdegradasi sehingga menyebabkannya mudah terakumulasi pada biota perairan termasuk ikan serta secara alami keberadaannya sulit dihilangkan (Supriyantini *et.al.* 2015 hlm. 39).

Jika dianalisis lebih lanjut, pencemaran logam besi (Fe) pada ikan berkaitan dengan proses perpindahan energi pada rantai makanan. Eneji, *et. al.* (2011) dalam Herliyanto, 2014 hlm. 31) menyatakan bahwa ikan merupakan akumulator yang baik terhadap polutan organik maupun anorganik. Polutan anorganik dalam hal ini berkaitan dengan logam berat. Selanjutnya Ikingura, *et. al.* (1999 dalam Herliyanto

Sumber :

1. Badan Standarisasi Nasional (BSN).(2009). Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7387 Tentang Batas Maksimal Cemaran Logam Berat dalam Pangan, Jakarta
2. WPCL, (2004). Land Based Water Quality Classification. Official Journal, 25687, Water Pollution Control Legislation, Turkey
3. WHO, (2003). Malathion in Drinking Water. Back Ground Document for Presentation of WHO Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organisation (WHO/SDE/WSH/03.04/103). Geneva
4. (BPOM) Badan Pengawas Obat dan Makanan No. 03735/B/SK/VII/1989 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam dalam Makanan.

I. Metode Analisis Logam Berat Besi (Fe) dengan ICP-OES

Kandungan logam berat besi (Fe) dalam kaitannya dengan keberadaannya pada lingkungan perairan tidak bisa dilihat dan dilakukan penghitungan jumlah atau konsentrasi secara langsung. Dibutuhkan serangkaian prosedur (metode) tertentu sehingga jumlah atau konsentrasinya dapat diketahui untuk selanjutnya dilakukan analisis lebih lanjut.

Pirdaus, *et. al.* (2018) menjelaskan bahwa selama ini banyak metode yang dilakukan untuk menentukan kadar logam berat pada suatu sampel. Ali pada tahun 2017 telah menggunakan *Atomic Absorption Spektrophotometry* (AAS) untuk menentukan kadar logam berat di Sungai Meghna Bangladesh, Guo pada tahun 2017 menggunakan spektroskopi UV-Vis untuk menentukan logam Cu, Ni dan Co, dan Santoyo pada tahun 2000 menggunakan kromatografi ion untuk menentukan logam berat pada air permukaan. Berdasarkan penjelasan tersebut maka dapat diuraikan beberapa metode yang dapat digunakan sebagai metode analisis kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen dan ikan sebagai berikut :

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

Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) adalah salah satu teknik analisis yang digunakan untuk penentuan kadar logam multi-unsur yang menggunakan sumber plasma untuk

merangsang atom dalam sampel. Atom-atom memancarkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu, dan intensitas cahaya yang dipancarkan diukur oleh detektor, yang mana berhubungan dengan konsentrasi. 60 unsur dapat dianalisis dalam sampel tunggal dalam waktu kurang dari satu menit secara bersamaan, atau dalam beberapa menit.

Dari penjelasan tersebut maka dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa beberapa keuntungan yang diperoleh dengan metode analisis logam ICP-OES yakni mencakup kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasi semua elemen dengan pengecualian Argon; karena sensitifitas panjang gelombang bervariasi untuk setiap penentuan suatu unsur. ICP cocok untuk semua konsentrasi; tidak memerlukan sampel yang banyak; deteksi batas umumnya rendah untuk elemen dengan jumlah 1 - 100 g/l. Keuntungan terbesar memanfaatkan suatu ICP ketika melakukan analisis kuantitatif adalah kenyataan bahwa analisis multielemental dapat dicapai, dan cukup cepat.

J. Hubungan Faktor Fisika dan Kimia Perairan dengan Konsentrasi Logam Besi (Fe)

Faktor fisika dan kimia perairan adalah komponen yang tak terpisahkan dengan komponen lain yang ada pada perairan itu sendiri. Temperatur (suhu), derajat keasaman (pH), kecerahan dan konsentrasi oksigen terlarut (DO) adalah salah satu komponen fisika dan kimia yang penting pada perairan.

Dalam kaitannya dengan kandungan logam besi (Fe) pada lingkungan perairan, faktor fisika dan kimia perairan mengambil peranan penting sebagai komponen pendukung dan menentukan konsentrasi logam besi (Fe) pada perairan. Ainiyah, *et. al.* (2018 hlm. 26) menyatakan bahwa suhu yang tinggi akan menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut (DO) pada air. Selain itu kenaikan suhu juga akan menguraikan derajat kelarutan mineral sehingga Fe pada air akan tinggi. Kelarutan logam berat juga dipengaruhi oleh kondisi oksigen terlarut di air.

Rozak, *et. al.* (2007 dalam Ainiyah, *et. al.* hlm. 26) lebih jauh menjelaskan bahwa konsentrasi oksigen terlarut yang rendah akan menyebabkan kelarutan logam berat rendah, sehingga mudah terjadinya pengendapan ke dasar sedimen.

Lebih lanjut, pada penelitiannya Supriyantini, *et. al.* (2015 hlm. 41) melaporkan bahwa kandungan logam besi (Fe) pada sedimen jauh lebih tinggi jika di bandingkan dengan konsentrasinya pada air. Hal ini disebabkan oleh kondisi pH, suhu dan oksigen terlarut pada air.

Begum, *et. al.* (2009 dalam Supriyantini, *et. al.* 2015 hlm. 4) yang menyatakan bahwa pH dibawah 7 akan melarutkan logam. Lebih lanjut Supriyantini, *et. al.* (2015 hlm. 4) menjelaskan apabila pH rendah maka akan mengakibatkan terjadinya proses korosif yang melarutkan logam besi dan logam lainnya pada air. Sementara Hutagalung (1991 dalam Adani, 2018 hlm. 8) menyatakan bahwa kelarutan logam berat pada pH yang rendah, sehingga toksisitas logam tersebut akan besar.

Dari beberapa penjelasan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi logam besi (Fe) pada perairan berkorelasi dengan kondisi fisika dan kini perairan tersebut. Kondisi suhu, pH, kecerahan perairan dan oksigen terlarut akan menunjang seberapa besar konsentrasi Fe pada air, sedimen bahkan ikan yang ada pada lingkungan air.

K. Penentuan Kualitas Air dan Status Perairan

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

Kondisi perairan di Indonesia telah diatur berdasarkan PP nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, yang mana status perairan dibagi kedalam empat kategori yang didasarkan dengan peruntukan air tersebut. Lebih jauh pembagian atau klasifikasi air berdasarkan PP Nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air adalah sebagai berikut.

Tabel 2.4
Klasifikasi Air Berdasarkan Peruntukannya

No.	Kelas	Peruntukan
1.	I (Satu)	Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2.	II (Dua)	Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3.	III (Tiga)	Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4.	IV (Empat)	Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi, pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Selanjutnya, pada peraturan yang sama diatur pula baku mutu atau ambang batas maksimal unsur fisika dan kimia perairan baik organik maupun anorganik. Penjelasan mengenai PP nomor 82 tahun 2001 berkaitan dengan keadaan fisika (Suhu/temperatur) dan kandungan atau konsentrasi bahan kimia non-organik diantaranya pH, DO dan kandungan Fe pada air yang menunjukkan kondisi perairan dijelaskan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2.5
Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

No.	Parameter	Satuan	Kelas				Ket.
			I	II	III	IV	
Fisika							
1.	Temperatur	°C	Dev. 3	Dev. 3	Dev. 3	Dev. 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.	Besi (Fe)	mg/L	0,3	-	-	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe < 5 mg/L

Keterangan :

Dev. : Deviasi

mg : miligram

L : Liter

Tanda < : Lebih Kecil

L. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6
Tabel Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Julia Putri Adani, Eka Wardhani, Kancitra Pharmawati (2018)	Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) di Air Permukaan dan Sedimen Waduk Saguling Provinsi Jawa Barat	Perairan Waduk Saguling, Jawa Barat	Metode yang digunakan yaitu metode survey dan observasi, sedangkan nalisis 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 (2000) begitupun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian dilakukan di perairan Waduk Saguling, Jawa Barat 2. Desain penelitian / pengambilan sampel terdiri atas beberapa stasiun dan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada penelitian terdahulu logam yang diuji adalah Pb dan Zn 2. Metode uji sampel yang digunakan pada penelitian terdahulu adalah ICP-MS

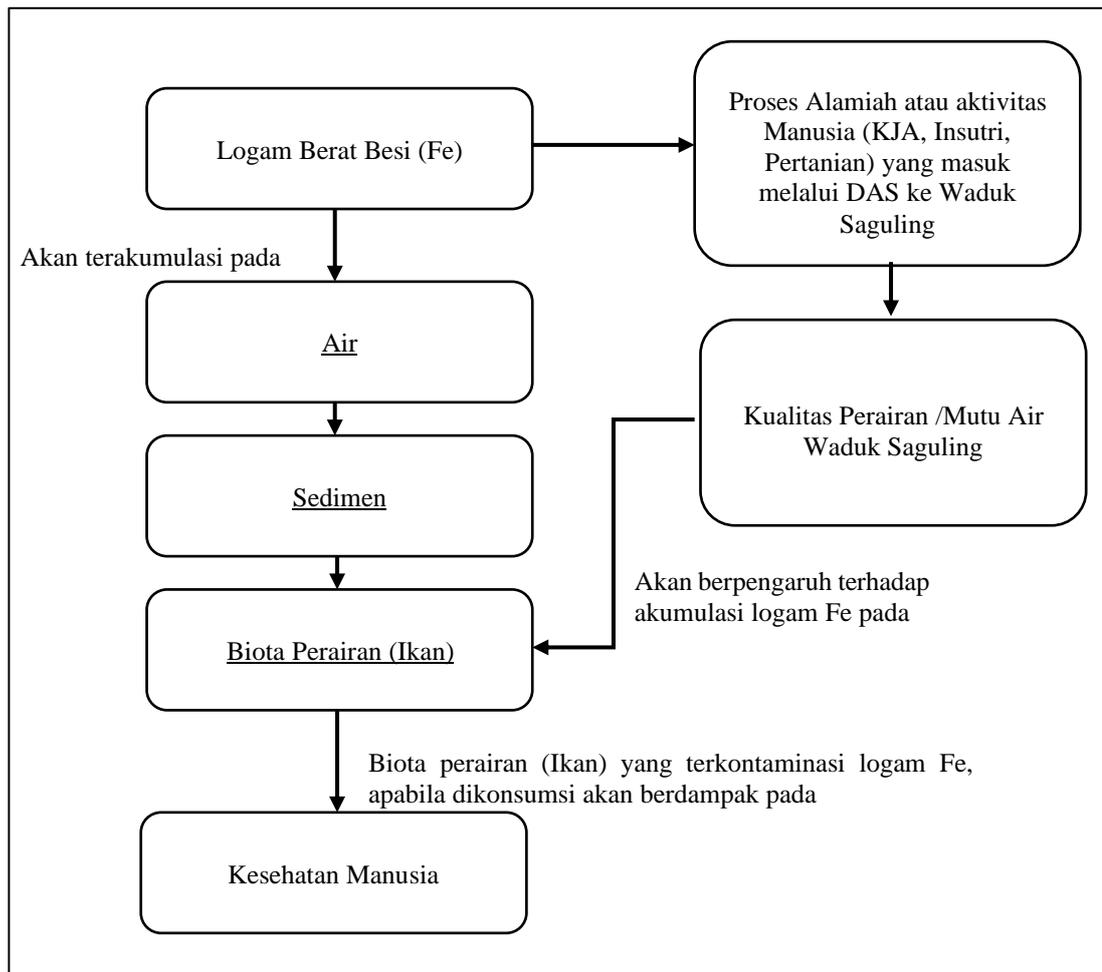
					dengan konsentrasi Zn.		
2.	Endang Supriyanti dan Hadi Endrawati (2015)	Kandungan Logam Berat Besi (Fe) pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i>) di Perairan Tanjung Emas Semarang	Pelabuhan Tanjung Emas, Semarang	Metode yang digunakan adalah metode analisis deskriptif dengan membandingkan hasil uji sampel dengan baku mutu yang telah ditentukan. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode <i>purposive sampling</i> dengan menentukan beberapa stasiun. Sedangkan pengujian sampel (air, sedimen dan kerang hijau) dilakukan dengan metode <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa perairan tanjung emas berada pada taraf terkontaminasi logam, sedangkan pada sedimen dan kerang berada pada kondisi sudah terindikasi tercemar logam berat Fe. Selain itu, keadaan lingkungan berpengaruh terhadap jumlah konsentrasi logam berat Fe pada perairan tersebut.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode penelitian yakni analisis deskriptif dan <i>purposive sampling</i>. 2. Populasi yang digunakan yakni wilayah perairan yang terindikasi pencemaran 	Penelitian sebelumnya dilakukan pada perairan asin (pelabuhan)

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya berdasarkan tabel 2.4. diatas berkaitan dengan analisis dan identifikasi logam berat pada perairan Waduk Saguling adalah sebagai berikut :

- a. Penelitian dilakukan oleh Julia Putri Adani dkk. pada tahun 2018 dengan judul penelitian Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Permukaan dan Sedimen Waduk Saguling yang memperoleh hasil bahwa kandungan Pb pada perairan tersebut masih memenuhi standar sedangkan kandungan Seng pada perairan tersebut sudah melebihi ambang batas standar atau baku mutu yakni berdasarkan PP. No. 82 tahun 2001.
- b. Penelitian dengan model yang sama juga dilakukan pada tahun 2017 oleh Rindu Wahyu Paramita dkk. Dengan judul penelitian Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) di Air Permukaan dan Sedimen : Studi Kasus Waduk Saguling diperoleh hasil bahwa kandungan Cd dan Cr pada permukaan air dan sedimen masih memenuhi standar baku mutu sesuai baku mutu *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC) tahun 2000*.
- c. Penelitian yang hampir sama juga telah dilakukan oleh Endang Supriyantini dkk. Pada tahun 2015, dengan judul penelitian Kandungan Logam Berat Besi (Fe) pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. Penelitian tersebut memperoleh hasil bahwa logam berat besi (Fe) pada perairan Tanjung Emas Semarang berada dalam taraf terkontaminasi logam berat Besi (Fe) sedangkan pada sedimen dan kerang hijau berada pada taraf tercemar logam Fe. Beberapa penelitian tersebut pada dasarnya memiliki relevansi yang cukup erat dengan penelitian yang akan dilakukan terutama dalam segi metodologi, baik metode penelitian maupun metode analisis data dan sampel penelitian.

Secara umum ketiga penelitian tersebut memiliki korelasi yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Relevansi tersebut diantaranya terletak pada lokasi penelitian dan metode. Selain itu variabel-variabel penelitian pun memiliki relevansi yang cukup erat yakni sama-sama mengidentifikasi kandungan logam berat yang ada di perairan.

M. Kerangka Pemikiran



Gambar 2. 4 Kerangka Berpikir Penelitian

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Kondisi Waduk Saguling yang merupakan muara dari beberapa anak sungai khususnya Sungai Citarum yang melintasi pemukiman padat penduduk dan kawasan industri menyebabkan Sungai Citarum sudah tercemar oleh berbagai logam berat. Logam berat khususnya Besi (Fe) pada dasarnya dapat muncul oleh adanya aktivitas alamiah semisal hujan yang membawa partikel-partikel logam dan mengalir ke sungai, atau bisa jadi karena adanya aktifitas manusia misalnya kegiatan insutri atau pertanian. Apalagi beberapa penelitian telah mengidentifikasi bahwa salah satu DAS yang mengalir ke Waduk Saguling yakni Sungai Citarum telah terindikasi adanya cemaran logam berbahaya. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Pusat Litbang Sumber Daya Air (PUSAIR) dan Badan Pengendalian

Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi Jawa Barat pada tahun 2014 bahwa Sungai Citarum terdapat zat berbahaya seperti merkuri, cadmium dan logam berbahaya lainnya yang terakumulasi pada air, maka perairan Waduk Saguling dimungkinkan juga tercemar oleh berbagai logam berat.

Logam berat yang terdapat pada perairan dapat terakumulasi pada organisme yang hidup pada perairan tersebut, sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Herliyanto, *et. al.* (2014 hlm. 31) bahwa bahwa logam berat pada perairan dapat berpindah kedalam organisme yang hidup di air tersebut melalui dua cara yakni secara fisis dan biologis. Secara fisis artinya perpindahan melalui bagian fisik organisme itu seperti kulit, insang dan lubang membran lainnya, sedangkan secara biologis yakni melalui sistem rantai makanan.

Dari temuan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa akumulasi logam berat pada ikan dapat berasal dari lingkungan hidup ikan tersebut yang tercemar atau terakumulasi logam pula. Sedangkan ikan yang terakumulasi logam berat dengan jumlah diatas ambang batas aman akan menimbulkan gangguan kesehatan.

N. Pertanyaan Penelitian

Agar rumusan masalah lebih terperinci dan spesifik kepada permasalahan yang akan dipecahkan pada penelitian ini, maka perlu diuraikan menjadi beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Berapa konsentrasi logam berat Besi (Fe) pada air di perairan Waduk Saguling?
2. Berapa konsentrasi logam berat Besi (Fe) pada sedimen di perairan Waduk Saguling?
3. Berapa konsentrasi logam berat Besi (Fe) pada ikan di perairan Waduk Saguling?
4. Berapa suhu pada air di perairan Waduk Saguling?
5. Bagaimana tingkat keasaman (pH) pada air di perairan Waduk Saguling?
6. Bagaimana tingkat kecerahan air di perairan Waduk Saguling?
7. Berapa konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada air di perairan Waduk Saguling?
8. Bagaimana kondisi perairan Waduk Saguling berdasarkan ambang batas atau baku mutu logam berat Besi (Fe) pada air, sedimen dan ikan?

O. Keterkaitan Hasil Penelitian dengan Pembelajaran Biologi

Penelitian mengenai “Analisis Kandungan Logam Berat pada Air, Sedimen dan Ikan di Perairan Waduk Saguling” memiliki keterkaitan dengan pembelajaran biologi. Penelitian ini menyajikan data faktual terkait kondisi ekosistem khususnya ekosistem perairan yang secara spesifik membahas ruang lingkup ekosistem buatan berupa Waduk atau bendungan. Data-data hasil penelitian ini diantaranya kondisi iklim seperti suhu perairan, tingkat kecerahan perairan pH atau derajat keasaman perairan serta kondisi konsentrasi logam berat yang terdapat pada perairan tersebut. Logam berat sebagaimana dimaksud adalah besi (Fe) yang terakumulasi pada air, sedimen dan ikan. Hasil penelitian kaitannya dengan pembelajaran yaitu bahwa hasil penelitian ini dapat dijadikan contoh konkret keadaan salah satu ekosistem atau lingkungan hidup serta berbagai pencemaran yang dapat menyebabkan kerusakan ekosistem tersebut.

Materi pembelajaran mengenai ekosistem serta berbagai pencemaran yang bisa terjadi pada suatu ekosistem berdasarkan kurikulum 2013 terdapat pada kelas X Kompetensi Dasar (KD) 3.11 yaitu “menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan” dan 4.11 yakni “Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di lingkungan sekitar”. Dengan demikian data hasil penelitian ini dapat dijadikan salah satu rujukan atau bahan ajar bagi pembelajaran biologi.