

BAB II

TINJAUAN MENGENAI EKOSISTEM PERAIRAN AIR TAWAR, LOGAM BERAT, DAN PENCEMARAN

A. Ekosistem

1. Pengertian Ekosistem

Ekosistem adalah sistem ekologi yang terbentuk karena adanya simbiosis antara lingkungan dengan makhluk hidup. Ekosistem mencakup komponen biotik dan abiotik yang mempunyai perannya masing-masing dalam membangun sistem ekologi (Irwan, 2007, hlm. 20-22). Menurut Mulyadi (2010, hlm 1), ekosistem menjadi kajian utama dalam ilmu ekologi.

2. Komponen Pembentuk Ekosistem

Gopal dan Bhardwaj (1979), menyatakan bahwa ekosistem terdiri atas dua komponen, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik berarti makhluk hidup yang terlibat dalam sistem ekologi tersebut, sedangkan abiotik berarti unsur pendukung kehidupan makhluk hidup seperti udara, cahaya, tanah, dan air (Irwan, 2007, hlm 27).

3. Jenis Ekosistem

Ekosistem terbagi menjadi dua yaitu ekosistem alami dan ekosistem buatan

1. Ekosistem alami adalah suatu hubungan timbal balik antara komponen makhluk hidup yang terbentuk tanpa adanya campur tangan manusia.
2. Ekosistem buatan adalah suatu hubungan timbal balik antara komponen makhluk hidup yang terbentuk dengan adanya campur tangan manusia untuk memenuhi kebutuhannya.

4. Ekosistem Perairan Tawar

Ekosistem perairan tawar adalah sistem ekologi perairan yang umumnya letaknya lebih tinggi dari permukaan laut. Perairan darat biasanya hanya memiliki sedikit larutan mineral dibanding perairan laut (Utomo dan Chalif, 2014, hlm. 1.2). "Perairan darat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu perairan tergenang (lotik) dan perairan mengalir (lentik). Perairan tawar memiliki faktor-faktor pembatas yang cukup penting, meliputi suhu, kekeruhan, cahaya, arus, dan gas terlarut dalam air" (Utomo dan Chalif, 2014, hlm 1.2-1.6).

“Perairan menggenang (lentik) merupakan perairan yang memiliki ciri aliran air lambat bahkan tidak ada aliran air dan masa air akan terakumulasi dalam periode waktu tertentu. Sedangkan perairan mengalir (lotik) merupakan perairan yang memiliki arus air terus menerus dengan kecepatan bervariasi sehingga perpindahan masa air berlangsung terus menerus”. (Muhtadi & Cordova, 2016, hlm 7)

a) Macam Macam Ekosistem Perairan Tawar

(1) Waduk

Waduk adalah badan air buatan yang dibuat dengan cara membendung sungai. Waduk dibangun atau dibentuk oleh rekayasa manusia. Menurut Wetzel (2001), setiap zona pada waduk memiliki karakteristik dan proses fisika, kimia, maupun biologi yang berbeda (Permana, 2012, hlm 66).

Waduk merupakan wadah penampungan air yang menerima berbagai masukan nutrisi, padatan dan bahan kimia toksik yang akhirnya mengendap di dasar. Penampungan bahan-bahan tersebut berlangsung selama bertahun-tahun, sehingga menyebabkan proses pengendapan. Cole (1988) mengatakan bahwa “Waduk yang merupakan bendungan dari sungai menjadi perangkap sedimen yang besar dari seluruh masukan sungai” (Permana, 2012, hlm 66). Perairan waduk biasanya memiliki stratifikasi akibat perbedaan intensitas cahaya dan perbedaan suhu pada kolom air.

Menurut pusat penelitian dan pengembangan sumber daya air (Puslitbang SDA, 2004), waduk adalah “salah satu sumber air yang menunjang kehidupan dan kegiatan sosial ekonomi masyarakat. Air waduk digunakan untuk berbagai keperluan seperti sumber baku air minum, irigasi, pembangkit listrik, dan perikanan”. Pembangunan waduk besar di Indonesia sampai tahun 1995 kurang lebih terdapat 100 waduk yang sebagian besar berlokasi di pulau Jawa, salah satu diantaranya adalah Waduk Saguling (Permana, 2012, hlm 67).

Wulandari (2006) dalam Rosyadi (2017, hlm 29) mengatakan, “Waduk terbagi menjadi tiga zona waduk berdasarkan stratifikasi suhu. Bagian permukaan perairan waduk yang memiliki suhu lebih hangat dan bersirkulasi disebut *epilimnion*, bagian tengah waduk tempat terjadi laju perubahan suhu paling besar

adalah *metalimnion* (termoklin), dan bagian dalam waduk yang suhu airnya rendah (dingin) dengan sedikit sirkulasi air disebut zona *hipolimnion*”.

Perdana (2006) dalam Rosyadi (2017, hlm 25) menjelaskan klasifikasi waduk berdasarkan fungsinya sebagai berikut:

a. Waduk eka guna (*single purpose*)

Waduk eka guna merupakan waduk yang dioperasikan untuk memenuhi satu jenis kebutuhan saja. Hal tersebut mengakibatkan pengoperasian waduk lebih mudah dibandingkan dengan waduk multi guna dikarenakan tidak adanya konflik kepentingan kebutuhan.

b. Waduk multi guna (*multi purpose*)

Waduk multi guna memiliki fungsi dalam pemenuhan kebutuhan sehari-hari masyarakat.

1) Waduk Saguling

Waduk merupakan danau buatan yang membendung aliran sungai atau daerah yang kemudian memiliki fungsi menjadi wahana dimana pemerintah daerah menggunakannya sebagai pembangkit listrik dan masyarakat memanfaatkannya dalam budidaya ikan (Mulyadi dan Atmaja 2011). Beberapa manfaat waduk dapat membantu memenuhi kebutuhan masyarakat dalam berbagai aspek seperti irigasi, PLTA, dan penyedia air baku. Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 35 tahun 1991 pasal 15, “pembangunan waduk ditujukan untuk kesejahteraan dan keselamatan umum diselenggarakan oleh Pemerintah atau badan usaha milik negara”.

Waduk Saguling dibangun pada tahun 1985, gagasan pembangunan Waduk kaskade sungai Citarum berasal dari para ahli pengairan pada abad ke 19 setelah melalui survei awal antara lain topografi dan hidrologi. Waduk ini merupakan sebuah badan air besar yang memiliki volume air sekitar $2.165 \times 10^5 \text{ m}^3$, yang perannya selain menjadi sumber tenaga listrik di pulau Jawa dan Bali, namun dimanfaatkan juga sebagai tempat budidaya ikan dalam keramba jaring apung (KJA), pertanian dan pariwisata. Perubahan peruntukan Waduk tersebut berdampak pada peningkatan kepadatan penduduk sekitar Waduk yang bermata pencaharian bertani secara ekstensif dan pembudidaya di KJA. Adanya perubahan

peruntukan tersebut berakibat pada percepatan penurunan kualitas perairan Waduk Saguling. (Wangsaatmaja 2004).

Menurut Sumarna (2011) membahas tentang aliran air pada PLTA saguling sebagai berikut:

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

“Beban pencemar di sungai Citarum masuk ke Waduk Saguling dan menyebabkan penurunan kualitas air Saguling dimana kandungan oksigen di beberapa tempat di Saguling mendekati nol pada kedalaman lima meter”. (Sumarna, 2011, hlm 1).

b) Faktor Fisika Kimia Perairan Tawar

(1) Suhu

Setiap makhluk hidup memiliki rentang toleransi suhu yang berbeda beda. Suhu ini berpengaruh terhadap kecepatan metabolisme makhluk hidup. Jika terjadi peningkatan suhu pada tubuh suatu organisme, maka terjadi juga peningkatan kebutuhan oksigen pada sistem respirasi. Karena peningkatan suhu tubuh memerlukan oksigen maka terjadi juga penurunan kadar oksigen terlarut dalam badan air. Kurangnya oksigen terlarut dalam badan air akan mengakibatkan ketidakmampuan dalam memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk proses fisiologinya (Effendi, 2003, hlm 57).

(2) Kecerahan Air

Kecerahan air adalah ukuran kemampuan penetrasi cahaya masuk kedalam suatu badan air. Semakin tinggi suatu kecerahan perairan maka akan semakin dalam cahaya menembus ke dalam air. Kecerahan air menentukan ketebalan lapisan produktif. Berkurangnya kecerahan air akan mengurangi kemampuan fotosintesis tumbuhan air, selain itu dapat pula mempengaruhi kegiatan fisiologi biota air, dalam hal ini bahan-bahan yang masuk ke dalam suatu perairan terutama yang berupa suspensi dapat mengurangi kecerahan air. Kecerahan air tergantung

pada warna dan kekeruhan. Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan, yang ditentukan secara visual dengan menggunakan *secchi disk* yang dikemukakan oleh *Profesor Secchi* pada abad ke-19.

(3) pH

Menurut Merliyana (2017), pH adalah derajat keasaman yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam suatu perairan sekaligus menjadi salah satu faktor pembatas bagi makhluk hidup. Dalam kondisi alaminya, pH di perairan berkisar pada angka 4 hingga 9 dan dapat berubah tergantung pada kondisi lingkungannya. Perubahan nilai pH dapat diakibatkan oleh banyaknya bahan organik dan anorganik terlarut dalam badan air.

(4) DO (Dissolved Oxygen)

Menurut Koosbandiah (2014), Oksigen terlarut dapat mengindikasikan jumlah oksigen dalam perairan yang dibutuhkan oleh organisme air. Kebutuhan oksigen berdampak pada proses fisiologis organisme air seperti metabolisme dan respirasi. Jumlah oksigen terlarut dalam badan air dipengaruhi oleh kepadatan organisme air, tekanan air, salinitas dan suhu perairan. (Fauziah, 2017 hlm, 20).

B. Logam Berat

“Logam digolongkan kedalam dua kategori, yaitu logam berat dan logam ringan. Seorang ahli Kimia berpendapat bahwa Logam Berat logam yang mempunyai bobot 5 gram atau lebih untuk setiap cm^3 dan bobot ini beratnya 5 kali dari bobot air”. (Darmono, 2001, hlm. 14).

Logam juga dapat menyebabkan timbulnya bahaya pada makhluk hidup. Hal ini terjadi jika sejumlah logam mencemari suatu lingkungan. Pada logam-logam tertentu sangat berbahaya apabila ditemukan dalam konsentrasi yang tinggi di suatu lingkungan seperti dalam air, tanah dan udara. Karena pada logam tersebut mempunyai sifat yang merusak jaringan tubuh makhluk hidup. Pencemaran lingkungan oleh logam-logam yang berbahaya seperti Cd, Pb dan Hg dapat terjadi jika ada seseorang atau di salah satu pabrik yang menggunakan logam tersebut untuk proses produksinya dan tidak memperhatikan kesehatan lingkungan.

1. Sumber logam

Logam berasal dari kerak bumi yang merupakan bahan-bahan murni, organik dan anorganik. Asal mula logam diambil dari pertambangan dibawah tanah (Kerak Bumi), yang kemudian dicairkan dan dimurnikan dalam pabrik menjadi logam-logam. Logam kemudian dibentuk sesuai dengan yang diinginkan misalnya sebagai perhiasan (emas, perak) peralatan rumah pertanian (besi) dan bahkan logam dalam ukuran tertentu atau bahkan dalam ukuran yang sangat kecil dan dapat digunakan sebagai bahan pengganti energi minyak. Dalam proses pemurnian logam tersebut yaitu dari pencairan sampai menjadi logam, sebagian darinya yang tidak terpakai terbuang ke dalam lingkungan.

Akan tetapi “kandungan alamiah logam itu akan berubah-ubah tergantung pada kadar pencemaran oleh ulah tangan manusia atau bisa dari perubahan alam, seperti erosi. Walau begitu ternyata kandungan logam dalam lingkungannya oleh pengaruh pertambangan masih lebih besar dari pada akibat erosi alamiah (Darmono, 2001, hlm. 15).

Logam berat termasuk dalam kriteria logam lain, namun memiliki perbedaannya pada efek samping jika masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. (Palar, 2012, hlm. 13).

Menurut Palar (2012, hlm. 13) menjelaskan bahwa:

Unsur logam berat baik itu logam berat beracun yang dipentingkan seperti tembaga (Cu), bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologi tubuh, jika yang masuk ke dalam tubuh organisme hidup adalah unsur Logam Berat seperti hydragyrum atau (Hg) atau disebut juga dengan air raksa, maka dapat dipastikan bahwa organisme tersebut akan mengalami keracunan.

Istilah logam berat sebenarnya telah dipergunakan secara luas, terutama dalam perpustakaan ilmiah, sebagai suatu istilah yang menggambarkan bentuk logam tertentu. Berikut ini merupakan karakteristik logam berat :

- a. Memiliki spesifikasi gravity yang sangat besar (lebih dari 4)
- b. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
- c. Mempunyai respon Biokimia khas atau Spesifik pada organisme hidup.

Biokimia dapat diartikan sebagai peranan kimia (unsur-unsur kimia) dalam kehidupan makhluk hidup, dan diantaranya yaitu unsur-unsur logam. Begitu banyak unsur logam dan diantara banyaknya unsur logam tersebut ada beberapa unsur logam yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk mempertahankan kehidupannya. Sebagai contoh “unsur logam besi (Fe) unsur ini berikatan dengan Hb darah dan membentuk haemoglobin yang berfungsi sebagai pengikat oksigen (O₂) dalam darah”. (Palar, 2012, hlm. 15).

Logam berat berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek yang khusus pada makhluk hidup. (Palar, 2012) mengatakan bahwa “semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup”. Contohnya logam air raksa (Hg), kadmium (Cd), timah (Pb), dan khrom (Cr). Logam-logam tersebut masih tetap dibutuhkan makhluk hidup tetapi hanya dalam kadar yang sangat sedikit. Tidak semua logam bersifat racun, ada beberapa logam diperlukan atau bisa dinamakan logam atau mineral esensial tubuh. Beberapa diantaranya adalah tembaga (Cu), seng (Zn) dan nikel (Ni) (Adhani dan Husnaini, 2017 hlm 44).

Pencemaran logam berat berasal dari proses alami ataupun kegiatan industri yang kemudian mencemari udara, air dan tanah. Proses alami sebuah pencemaran dapat berasal dari erupsi gunung berapi dan erosi tanah. Pencemaran juga dapat terjadi karena kegiatan manusia seperti tambang, industri bahan kimia buatan, industri migas, serta kegiatan domestik (Junita, 2013, hlm. 11).

2. Tembaga

Tembaga (Cu) merupakan unsur esensial untuk proses metabolisme makhluk hidup. Menurut ICA (2012), “Tembaga (Cu) berikatan dengan senyawa organik dalam sejumlah proses biokimia dalam tubuh sebagai hasilnya kekurangan tembaga dapat berhubungan dengan perubahan biokimia sehingga dapat menyebabkan defisiensi simpton dalam semua organik ketika konsentrasi terlalu rendah, namun berefek toxic ketika konsentrasi terlalu tinggi”. (Palar, 1994, hlm. 7).

Logam tembaga (Cu) bisa masuk ke dalam perairan, tanah dan udara melalui banyak sumber tetapi sumber-sumber masukan dari logam tembaga berasal dari kegiatan industri dan rumah tangga (Liantira, 2015, hlm, 7).

“Tembaga (Cu) adalah logam merah muda, yang lunak dapat ditempa dan diliat. Tembaga dalam tabel unsur periodik memiliki lambang Cu dengan nomor atom 29 dan memiliki berat massa atom 63,54 terdapat pada golongan 11 periode ke 4. Logam tembaga (Cu) banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam lain alioi dengan perak, kadium, timah putih dan seng”. (Novita dkk,2014, hlm, 7).

Sebagai logam berat, Cu termasuk logam berat yang esensial artinya jika dalam jumlah sedikit memang dibutuhkan makhluk hidup dan jika jumlahnya banyak maka dapat meracuni tubuh makhluk. Oleh karena itu toksisitas yang dimiliki tembaga baru akan berpengaruh bila telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar dan melebihi batas toleransinya. (Palar,2012, hlm, 17).

Cu merupakan penghantar listrik terbaik setelah perak (argentum-Ag). Karena itu, logam Cu sangat banyak digunakan dalam bidang elektronika atau pelistrikan. “Dalam bidang industri lainnya, senyawa Cu banyak digunakan sebagai contoh di industri cat sebagai antifolng, industri insektisida, fungisida dan lain-lainnya” (Palar,2012, hlm, 20).

Tembaga yang masuk kedalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari peristiwa-peristiwa alamiah dan sebagai efek samping dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Dalam kondisi normal, keberadaan Cu dalam perairan ditemukan dalam bentuk senyawa ion CuCO_3^+ , dan CuOH^+ dan lain-lain. “Biasanya jumlah Cu yang terlarut dalam badan perairan laut adalah 0,002 ppm sampai 0,005 ppm” (Palar,2012). Peristiwa “biomagnifikasi” akan terjadi apabila kelarutan Cu meningkat sehingga melebihi nilai ambang batasnya. Peristiwa biomagnifikasi ini akan dapat ditunjukan melalui akumulasi Cu dalam tubuh biota perairan tersebut. “Akumulasi dapat terjadi sebagai akibat dari telah terjadinya konsumsi Cu dalam jumlah berlebihan oleh tubuh” (Palar,2012, hlm, 22).

Kadar tembaga maksimum yang diperbolehkan Menurut PPRI No. 82 Tahun 2001 adalah 0,02 mg/L yang diperjelas dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Baku mutu Tembaga

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
KIMIA ANORGANIK						
Tembaga	Mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu < 1 mg/L

Keterangan :

mg = miligram

L = liter

Logam berat merupakan logam terlarut.

Nilai diatas merupakan batas maksimum.

Tanda < adalah lebih kecil.

C. Pencemaran Ekosistem Perairan Tawar

“Pencemaran dapat diartikan sebagai masuknya pencemar ke dalam lingkungan alami yang dapat mengakibatkan perubahan yang merusak lingkungan. Bahan-bahan pencemar tersebut tidak hanya mengganggu kesehatan, tetapi juga dapat mengakibatkan kematian pada manusia dan hewan serta mengganggu pertumbuhan dan perkembangan fauna dan flora lainnya. Pencemaran lingkungan merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alami, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang baik atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya” (Undang-undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982).

(Darmono, 2001) mengklasifikasikan sumber pencemaran logam berat berdasarkan lokasinya sebagai berikut:

1. Pada perairan estuaria, pencemaran diakibatkan karena aktivitas manusia yang menggunakan bahan yang mengandung logam berat.

2. Pada perairan laut, pencemaran dapat terjadi secara langsung dari atmosfer atau karena pengaruh aktivitas manusia.
3. Pada perairan di daerah sekitar pantai, pencemaran berasal dari hilir sungai yang terkontaminasi oleh limbah buangan rumah tangga dan industri dari sepanjang aliran sungai.

1. Pencemaran Logam Berat Tembaga Pada Air

Air adalah suatu zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau dan warna dan terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H_2O . Karena air mempunyai sifat yang bisa digunakan untuk apa saja, maka air adalah zat yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan. “Air dapat berupa air tawar dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan, aliran air (di permukaan tanah, didalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan siklus hidrologi”. (Kodoatie dan Sjarief, 2010, hlm, 13).

Bisa dikatakan bahwa air merupakan senyawa netral yang keberadaannya sangat diperhatikan oleh semua jenis makhluk hidup. Dan semua makhluk hidup di muka bumi ini sangat tergantung terhadap air yang mana bisa dijadikan sebagai zat pelarut yang berperan penting dalam metabolisme tubuh. Menurut (Wandrivel dan Lestari, 2012, hlm 5) bahwa “air merupakan zat yang penting dalam kehidupan setelah udara. Air juga memiliki sifat yang penting dimana air juga dapat menunjukkan reaksi yang dapat memunculkan senyawa organik yang dapat melakukan replikasi”.

Menurut Harmayani (2007 hlm. 94-95), bahan pencemar air dibagi dalam beberapa kelompok sebagai berikut:

a) Bahan buangan organik

Bahan buangan organik adalah limbah yang dapat membusuk dan terdegradasi oleh mikroorganisme. Karena hal tersebut mikroorganisme berbahaya dapat berkembang dan mengakibatkan berbagai macam penyakit.

b) Bahan buangan anorganik

Bahan buangan anorganik adalah “limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Apabila bahan buangan anorganik ini masuk ke air lingkungan maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam

di dalam air, sehingga hal ini dapat mengakibatkan air menjadi bersifat sadah karena mengandung ion kalsium (Ca) dan ion magnesium (Mg)".

c) Bahan buangan zat kimia

Bahan buangan zat kimia yang berupa buangan yang mengandung bahan kimia sintetis seperti sabun dan pestisida dapat mengganggu bahkan hingga dapat membunuh dan meracuni organisme air.

Menurut peraturan pemerintah republik indonesia nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air pada bagian ketiga tentang Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air pada pasal 8 yang berbunyi

Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

"Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut; Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, perternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut; Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, perternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut; Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut".

Baku Mutu Logam Berat Tembaga Pada Air Menurut peraturan pemerintah republik indonesia nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Tabel 2.2 Status Mutu Kualitas Air

NO	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1.	Cu	Mg/L	0,02

Kriteria Mutu Air berdasarkan Kelas Menurut peraturan pemerintah republik indonesia nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Tabel 2.3. Baku mutu air

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Devisiasi 3	Devisiasi 3	Devisiasi 3	Devisiasi 5	Devisiasi Temperatur dari keadaan alamiah
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
DO	Mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum

Keterangan :

mg = miligram

L = liter

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

2. Pencemaran Logam Berat Tembaga pada Sedimen

Sedimen terbentuk melalui interaksi antara atmosfer dan hidrosfer pada kerak bumi, yang kemudian diikuti dengan proses pengendapan. Endapan ini telah mengalami proses pelapukan oleh berbagai proses alam, karena itu biasanya membawa elemen nutrien. Sedimen waduk terutama terdiri dari produk erosi alami dan produk erosi pertanian yang berlebihan. (Fonseca et al., 1982, hlm, 3).

Sebagian tanah dapat terbawa oleh air melalui berbagai cara dapat melalui erosi pada daerah aliran sungai (DAS) ataupun hujan. Sebagian tanah yang masuk kedalam suatu badan air secara umum disebut sedimen. Sebagian tanah yang masuk akibat proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi.

Logam berat yang masuk ke dalam air akan mengalami pengendapan, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. “Logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air”. Mengendapnya logam berat bersama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan sekitarnya. (Fitriyah, 2013, hlm. 2). Logam dan mineral lainnya hampir selalu ditemukan dalam air tawar dan air laut, walaupun jumlahnya sangat terbatas. Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mencemari laut. Keberadaan logam berat dalam perairan akan sulit mengalami degradasi bahkan logam tersebut akan diabsorpsi dalam tubuh organisme 30. (Fitriyah, 2013, hlm. 3).

Baku Mutu Logam Berat Tembaga pada Sedimen Menurut *Standar Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA,. 2000)

Tabel 2.4 Baku mutu sedimen

Logam Berat	Satuan	Standar Sepa	Standar Us-sepa
Tembaga (Cu)	Mg/kg	<15 Mg/kg	<49,98 Mg/kg

3. Pencemaran Logam Berat Tembaga Pada Ikan

“Ikan merupakan hewan bertulang belakang (vertebrata) yang hidup dalam air dan memiliki insang yang berfungsi untuk mengambil oksigen yang terlarut dari air dan sirip yang digunakan untuk berenang. Tubuh ikan diselimuti oleh sisik”. (Cahyo,2006, hlm. 4).

Ciri-ciri umum ikan adalah mempunyai rangka bertulang sejati dan bertulang rawan, mempunyai sirip tunggal atau berpasangan, tubuh di tutupi oleh sisik dan berlendir, serta mempunyai bagian tubuh yang jelas antara kepala, badan dan ekor. “Ukuran ikan bervariasi mulai dari yang kecil sampai yang besar. Kebanyakan ikan berbentuk torpedo pipih, namun ada juga yang berbentuk tidak teratur”. (Siagian,2009, hlm. 8).

Pergerakan ikan dalam air didukung oleh adanya sirip dan gurat sisi yang memiliki fungsi menjaga keseimbangan dan pengatur arah renang sehingga tidak

bergantung pada arus air. Sisik-sisik pada tubuh ikan terbentuk dari zat kapur dan permukaannya berlendir guna memudahkan pergerakan.

Toksisitas logam berat berpengaruh pada proses pertukaran ion dan gas melalui insang, karena insang adalah salah satu jaringan tubuh yang mudah mengakumulasi logam berat. Fungsi insang adalah sebagai pengatur osmoregulasi dan alat pernapasan ikan. Pengaruh kedua toksisitas logam berat yaitu kepada alat pencernaan yang masuk melalui pakan yang tercemar. Pengaruh ketiga toksisitas logam berat adalah pada organ ginjal. Ginjal yang fungsinya sebagai organ filtrasi dan ekskresi akan mengalami kerusakan oleh daya toksik logam berat. Lalu, pengaruh keempat menghasilkan akumulasi logam dalam jaringan (bioakumulasi). Proses akumulasi ini terjadi setelah absorpsi logam dari air atau melalui pakan yang terkontaminasi (Mukono, 2002, dalam Suyanto, dkk 2010, hlm, 34).

Menurut undang-undang Nomor 18 tahun 1999 tentang pangan pasal 1 ayat (3) yang mengatakan “cemaran pangan yang selanjutnya disebut cemaran adalah bahan pangan yang berasal dari lingkungan atau sebagai akibat proses di sepanjang rantai pangan, baik berupa cemaran biologis, cemaran kimia, residu obat hewan, peptisida maupun benda lain yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia”.

Ayat (4) “Logam berat adalah elemen kimiawi metalik dan metaloida, memiliki bobot atom dan jenis yang tinggi yang bersifat racun bagi makhluk hidup”.

Ayat (5) “Batas maksimum adalah konsentrasi maksimum Cemaran Logam Berat yang diizinkan dapat diterima dalam olahan pangan”.

Batas maksimum cemaran logam berat pada ikan menurut undang-undang Nomor 18 tahun 1999 dalam olahan pangan

Tabel 2.5 Baku mutu ikan

Parameter	Batas Toksisitas	WHO	FAO	BPOM
Tembaga (Cu)	0,02-100 Mg/kg	0,8-1,2 Mg/Kg	1 Mg/kg	2 Mg/kg

D. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6 Penelitian terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Yoyok Sudarso , Yusli Wardiatno , dan Ita Sualia	“Pengaruh Kontaminasi Logam Berat di Sedimen Terhadap Komunitas Benthik Makrovertebrata: Studi Kasus di Waduk Saguling- Jawa Barat”	Lokasi titik penarikan contoh ditetapkan secara <i>purposive sampling</i> dimana diambil 13 titik stasiun yang akan diuji kontaminasi logam dan komunitas benthik makrovertebratanya. Jenis logam berat yang dianalisis meliputi: Pb, Cd, dan Cu dengan menggunakan alat <i>Atomic Absorbance Spectrophotometry (AAS) graphite furnace</i> .	Kontaminasi logam Pb dan Cu di sedimen yang paling berpotensi menimbulkan gangguan pada ekosistem perairan, sedangkan logam Cd masih di bawah beberapa guideline kualitas sedimen. Penelitian ini juga mengindikasikan beberapa atribut biologi seperti: indeks diversitas, kekayaan taxa, dan Indeks BMWP relatif sensitif untuk mendeteksi gangguan ekologi yang disebabkan oleh peningkatan kontaminasi logam berat di sedimen.
Jovita Tri Murnini dan Novalia Rachmawati	“Kandungan Logam Berat Pada Ikan, Air dan Sedimen di Waduk Saguling Jawa Barat”	Penentuan posisi lokasi pengambilan sampel air dari aliran sungai yang masuk ke perairan waduk saguling (inlet) lalu pengambilan sampel sedimen dilakukan pada aliran air keluar (outlet) dan pada ikan dilakukan di KJA (Keramba Jaring Apung) yang menggunakan <i>purposive sampling</i> .	Terdapat kandungan logam berat Hg, Cd, Pb dan Cu pada ikan dan sedimen tetapi masih dibawah ambang batas yang diijinkan, sedangkan pada air terdapat logam berat Hg dan Cd melebihi ambang batas yang diijinkan.

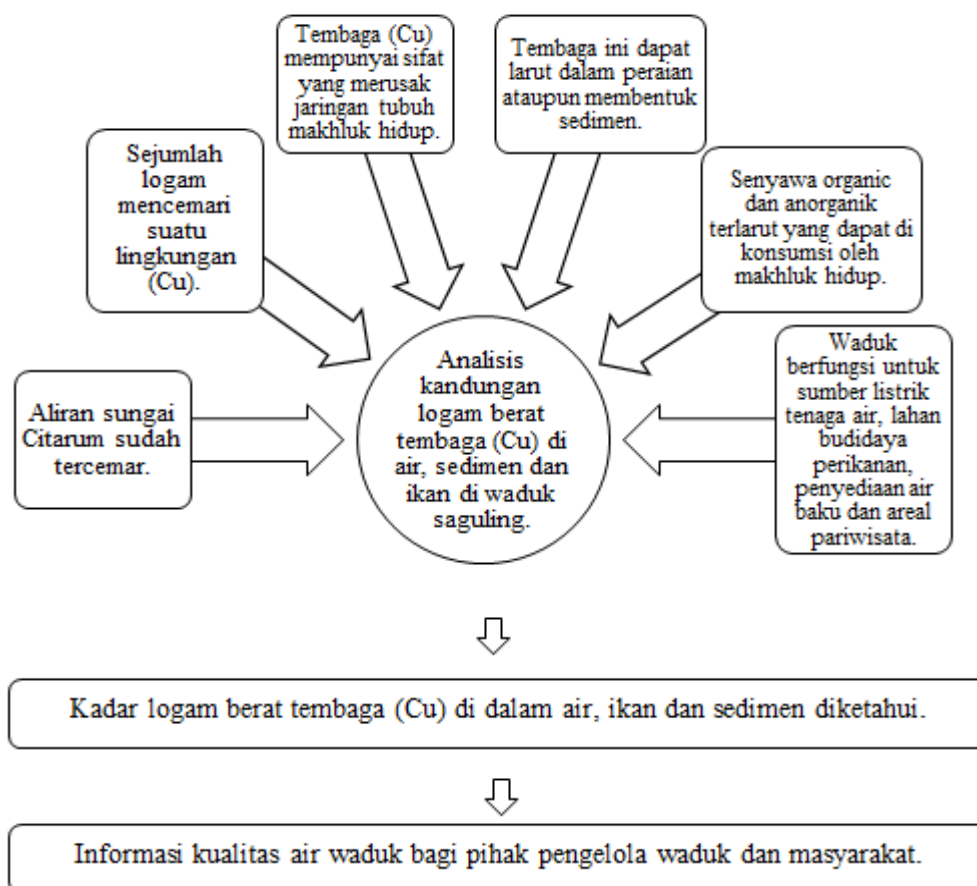
Pada tahun 2007, dilakukan sebuah penelitian mengenai kandungan logam berat pada ikan, air dan sedimen di Waduk Saguling dan mendapatkan hasil “kandungan logam berat Hg, Cd, Pb dan Cu pada ikan dan sedimen tetapi masih dibawah ambang batas yang diijinkan, sedangkan pada air terdapat logam berat Hg dan Cd melebihi ambang batas yang diijinkan”. Kaitannya dengan penelitian ini hampir sama yaitu untuk mengetahui berapa konsentrasi yang ada pada logam berat tembaga (Cu) di perairan Waduk Saguling dilihat dari metode serta desain penelitian sama sama menggunakan purposive sampling sedangkan untuk pengambilan titik sampel pada sampel air dilakukan di stasiun inlet, lalu untuk pengambilan sampel sedimen dilakukan di stasiun outlet dan pengambilan sampel ikan dilakukan di KJA (Karamba Jaring Apung) disekitar Waduk Saguling Jawa Barat.

E. Kerangka Pemikiran

Logam berat dapat meracuni makhluk hidup. Hal tersebut akan terjadi jika sejumlah besar logam mencemari suatu lingkungan. Beberapa logam tertentu memiliki dampak sangat berbahaya apabila ditemukan dalam konsentrasi yang tinggi di suatu lingkungan. Karena logam tersebut mempunyai sifat yang merusak jaringan tubuh makhluk hidup. Kandungan alamiah logam itu akan berubah-ubah tergantung pada kadar pencemaran oleh ulah tangan manusia atau bisa dari perubahan alam, seperti erosi. Logam berat adalah unsur logam yang jika masuk kedalam tubuh organisme hidup akan menimbulkan pengaruh tertentu tergantung dengan kadar toleransi tubuh organisme tersebut, namun kebanyakan logam berat berpengaruh buruk terhadap tubuh dan bersifat racun (Adhani dan Husaini, 2017, hlm. 16).

Salah satu jenis logam berat yang mungkin terdapat di waduk adalah tembaga (Cu). Tembaga ini dapat larut dalam perairan ataupun membentuk sedimen. Bahan buangan yang tidak melarut sempurna didalam air akan membentuk endapan pada dasar air hingga membentuk sedimen. Sebagian kecil makanan yang tersedia untuk organisme sudah berada didalam sedimen atau benda padat lainnya yang dapat diurai menjadi senyawa organik dan anorganik terlarut yang dapat di konsumsi oleh makhluk hidup. Waduk merupakan wilayah perairan yang sangat strategis dan memiliki beberapa fungsi. Selain sebagai

sumber irigasi, waduk berfungsi untuk sumber listrik tenaga air, lahan budidaya perikanan, penyediaan air baku dan areal pariwisata (Murtini dan Rachmawati, 2007, hlm. 154). Waduk saguling adalah waduk yang dekat dengan pemukiman. Oleh karena itu analisis kandungan logam berat tembaga (Cu) di air, sedimen dan ikan di waduk saguling dirasa perlu dilakukan dan diteliti untuk menentukan kualitas air di waduk tersebut dan penting menjadi informasi bagi masyarakat setempat disekitar waduk.



Gambar 2.1 Kerangka Pemikiran

F. Pertanyaan Penelitian

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

- 1) Berapa konsentrasi logam berat tembaga (Cu) pada air, sedimen, dan ikan?
- 2) Bagaimana kondisi derajat keasaman (pH) di perairan Waduk Saguling pada saat pengambilan sampel?

- 3) Berapa nilai oksigen terlarut yang terdapat di perairan Waduk Saguling pada saat pengambilan sampel?
- 4) Bagaimana tingkat kecerahan air di perairan Waduk Saguling pada saat pengambilan sampel?
- 5) Bagaimana kondisi suhu air di perairan Waduk Saguling pada saat pengambilan sampel?
- 6) Bagaimana kondisi nilai ambang batas pada air, sedimen dan ikan di perairan Waduk Saguling?

G. Analisis Kompetensi Dasar

Pada penelitian ini yang membahas tentang “Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen dan Ikan di Perairan Saguling Jawa Barat” yang memiliki keterkaitan dengan pembelajaran biologi. Pada penelitian ini menyajikan data faktual yang membahas tentang kondisi ekosistem perairan air tawar serta membahas secara mendalam mengenai ekosistem buatan yaitu waduk. Data-data pada hasil penelitian ini diantaranya adalah kondisi klimatik seperti tingkat Kecerahan pada air, derajat keasaman (pH) air, suhu perairan juga untuk mengetahui nilai konsentrasi logam berat yang terdapat didalam perairan tersebut. Sebagaimana logam berat yang dimaksud dalam penelitian ini adalah logam berat tembaga (Cu) yang terakumulasi pada air, sedimen dan ikan di waduk saguling. Hasil penelitiannya berkaitan dengan pembelajaran biologi sehingga dapat dijadikan contoh yang nyata untuk mengetahui bagaimana keadaan ekosistem dan lingkungan sekitarnya serta untuk mengetahui macam macam pencemaran yang dapat mengakibatkan kerusakan pada ekosistem terutama ekosistem perairan tawar.

Materi pembelajaran biologi mengenai ekosistem dan pencemaran ekosistem berdasarkan kurikulum 2013 terdapat pada kelas X Kompetensi Dasar (KD) 3.2 yaitu “Menganalisis berbagai tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia beserta ancaman dan pelestariannya” dan pada Kompetensi Dasar (KD) 4.2 yaitu “Menyajikan hasil observasi berbagai tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia dan usulan upaya pelestariannya”, selain itu penelitian ini juga berkaitan dengan Kompetensi Dasar SMA kelas X yang terdapat pada KD 3.11 yaitu “Menganalisis

data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan” dan terdapat pada KD 4.11 yaitu “Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di lingkungan sekitar”. Dengan itu data dari hasil penelitian mengenai “Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen dan Ikan di Perairan Saguling Jawa Barat” dapat dijadikan bahan rujukan atau bahan ajar pada pembelajaran biologi.