

BAB II

TINJAUAN TENTANG EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR, LOGAM BERAT TIMBAL (Pb), PENCEMARAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)

A. Ekosistem

1. Pengertian Ekosistem

Organisme yang ada di alam mempunyai hubungan dengan lingkungan hidupnya dan saling memengaruhi, serta diistilahkan dengan "ekosistem". Transley (1935) dalam Mulyadi (2010, hlm 1) mengemukakan, ekosistem ialah hubungan timbal balik antara unsur biotik (tumbuhan, hewan, manusia, mikroba) dan unsur abiotik (cahaya, udara, air, tanah, dsb) di alam, dan sejatinya menjadi hubungan antara unsur yang memunculkan sebuah sistem. Sementara Campbell (2008, hlm 327) menyampaikan, ekosistem ialah interaksi antara suatu kelompok organisme di suatu area termasuk faktor-faktor fisik yang saling membangun interaksi.

Kesimpulannya, ekosistem yaitu hubungan timbal balik antara organisme termasuk lingkungan hidupnya yang memunculkan suatu interaksi di lingkungan itu.

2. Komponen Pembentuk Ekosistem

Beberapa komponen dibutuhkan agar suatu ekosistem bisa terbentuk. Mulyadi (2010, hlm 5) menuturkan, secara fungsional, ekosistem mencakup komponen esensial yakni komponen biotik dan abiotik yang saling melakukan interaksi. Komponen abiotik ialah elemen yang tak hidup, contohnya air, cahaya, tanah, udara, dan suhu. Sementara komponen biotik mencakup makhluk hidup, contohnya manusia, tumbuhan, hewan, mikroba.

3. Jenis Ekosistem

Munculnya ekosistem awalnya dari beragamnya organisme dan pengaruh dari unsur lainnya yang bisa memunculkan ekosistem yang variatif. Irwan (2017) dalam Rahayu, S (2018 hlm 10) mengutarakan, ekosistem diklasifikasi menjadi dua. Yang pertama ialah ekosistem alami, yakni ekosistem yang mempunyai

komponen utuh di mana subsidi energi yang tidak dibutuhkannya karena bisa terpelihara dengan sendirinya. Yang kedua ialah ekosistem buatan, yakni ekosistem yang komponennya tidak utuh di mana subsidi energi dibutuhkannya, dan gampang mengalami pencemaran, serta mendapat pengaruh dari intervensi manusia.

Rangkuti (2017) dalam Rahayu, S (2018 hlm 10) pun menyebutkan, ekosistem diklasifikasi menjadi ekosistem darat dan perairan.

a. Ekosistem Darat

Ekosistem darat ialah kehidupan makhluk hidup dan lingkungannya yang ada di daratan. Cartonno (2008, hlm 179) mengemukakan, ekosistem muncul dikarenakan terdapatnya interaksi di permukaan bumi antara makhluk hidup, iklim, batuan induk dan tanah. Campbell (2008, hlm 347) menyebutkan, ekosistem diklasifikasi menjadi Hutan tropis, Gurun, Sabana, Chaparral, Padang rumput, Hutan Konifer, Hutan berdaun lebar, Tundra.

b. Ekosistem Perairan

Rangkuti (2017) dalam Rahayu, S (2018, hlm 10) memaparkan, ekosistem perairan ditinjau dengan didasarkan pada perbedaan salinitas yang terklasifikasi menjadi ekosistem air laut, ekosistem air payau, dan ekosistem air tawar.

1) Ekosistem Air Tawar

a) Pengertian Ekosistem Perairan Tawar

Ekosistem ini menjadi lingkungan perairan yang posisinya lebih tinggi daripada permukaan laut (Utomo, 2014, hlm 18). Ekosistem air tawar pun kerap diistilahkan dengan perairan darat yang menjadi lingkungan perairan di mana pasang surut air laut tidak memengaruhinya. Ekosistem ini mempunyai atribut di antaranya yaitu kadar salinitas rendah, penetrasi cahaya matahari kurang, terpengaruhi iklim dan cuaca, termasuk variasi suhunya tergolong rendah.

b) Macam Ekosistem Perairan Tawar

Payne (1996) dalam Zainudin, F A (2013, hlm 10) menyampaikan, ekosistem perairan tawar diklasifikasi menjadi dua kategori yang didasarkan pada ragam aliran air, yakni perairan menggenang (lentik) dan perairan mengalir (lotik).

(1) Perairan menggenang (Lentik)

Perairan ini ialah ekosistem perairan tawar yang masa airnya tergolong tenang (Muhtadi & Cordova, 2016, hlm 7). Berikut beberapa tipe perairan menggenang yang dikemukakan Odum (1993) dalam Zainudin, F A (2013, hlm 10).

(a) Danau

Ciri dari danau yaitu arusnya lamban atau bahkan tidak mempunyai arus sama sekali. Arus air danau bisa memencar menuju banyak arah. Koosbandiah (2014, hlm 38) menyebutkan, proses terbentuknya danau diklasifikasi menjadi dua yakni danau vulkanik dan tektonik. Danau vulkanik muncul dikarenakan insiden meletusnya gunung berapi, sementara danau tektonik muncul dikarenakan kejadian tektonik, contohnya dampak dari gempa bumi.

(b) Rawa

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

(c) Waduk

Waduk ialah perairan yang tergenang dan pembuatannya dilakukan lewat pembendungan sungai. Waduk mempunyai ceruk, saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*outlet*). Waduk menjadi penampung air dari aliran sungai yang mendapat banyak nutrisi termasuk bahan kimia yang membahayakan hingga akhirnya menjadi endapan di dasar waduk. Waduk ialah bendungan besar dari sungai yang yang fungsinya yaitu menangkap sedimen besar dari semua masukan sungai (Cole 1998 dalam Permana, 2012, hlm 4).

Effendi (2003, hlm 37) menjelaskan, karakteristik waduk yaitu arusnya betul-betul lambat (0,001 - 0,01 m/s) atau bahkan tidak mempunyai arus. Perairan waduk mempunyai stratifikasi kualitas air secara vertikal yang yang muncul dikarenakan intensitas cahaya yang berbeda, termasuk perbedaan suhu kolom air, kedalamannya, dan musim.

Wulandari (2006) dalam Rosyadi (2017, hlm 29) menyatakan, waduk terklasifikasi menjadi tiga zona yang didasarkan pada stratifikasi suhu. Zona pertama ialah *epilimnion* yakni bagian dari perairan waduk yang suhunya lebih

terasa hangat dan mempunyai sirkulasi. Zona berikutnya ialah *metalimnion* (termoklin) yakni bagian tengah waduk yang fungsinya sebagai "spot" berlangsungnya percepatan perubahan suhu terbesar. Zona terakhir ialah *hipolimnion* yakni bagian dari waduk di mana airnya bersuhu rendah (dingin) dan sirkulasinya minim.

Klasifikasi kondisi kualitas air waduk didasarkan pada eutrofikasi yang dikarenakan meningkatnya kadar unsur hara pada air. Effendi (2003, hlm 38) memberi penjelasan perihal klasifikasinya yang dibedakan kedalam empat tipe status trofik, di antaranya:

- 1) *Oligotrof* yakni status trofik air danau atau waduk yang kandungannya berupa unsur hara yang kadarnya sedikit. Status ini mengindikasikan, sifat kualitas air masih alamiah, belum terkontaminasi dengan sumber unsur hara N dan P.
- 2) *Mesotrof* ialah status trofik air danau atau waduk yang di dalamnya terkandung unsur hara yang kadarnya sedang. Status ini memberi indikasi terdapatnya kenaikan kadar N dan P tetapi masih dalam toleransi sebab belum menampakkan pertanda tercemarnya air.
- 3) *Eutrof* ialah status trofik air danau atau waduk yang kandungannya yaitu unsur hara dengan kadar tinggi. Hal ini mengindikasikan tercemarnya air yang dikarenakan naiknya kadar N dan P.
- 4) *Hipereutrofik* yakni status trofik air danau atau waduk di dalamnya terkandung unsur hara yang kadarnya begitu tinggi. Status ini mengindikasikan, air sudah terkontaminasi berat oleh meningkatnya kadar N dan P.

Perdana (2006) dalam Putra (2015, hlm 10) mengulas klasifikasi waduk yang didasarkan pada fungsinya, di antaranya:

- 1) Waduk eka guna (*single purpose*)

Waduk eka guna ialah waduk yang operasinya ditujukan agar bisa memenuhi satu kebutuhan saja, contohnya kebutuhan air irigasi, air baku atau PLTA. Di samping itu, tujuan lainnya yaitu untuk lebih memberi kemudahan bila diperbandingkan dengan waduk multi guna sebab tidak terdapatnya konflik kepentingan di dalam. Pada waduk ini, pengoperasiannya hanya dijalankan dengan pertimbangan mengenai satu kebutuhan saja yang harus dipenuhi.

2) Waduk multi guna (*multi purpose*)

Waduk multi guna ialah waduk yang fungsinya ditujukan agar berbagai kebutuhan bisa terpenuhi, contohnya waduk untuk pemenuhan kebutuhan air, irigasi, air baku dan PLTA. Perpaduan dari variasi kebutuhan tersebut ditujukan agar pengoptimalan fungsi waduk bisa direalisasikan dan kelayakan pembangunan waduk bisa ditingkatkan.

(2) Perairan mengalir (Lotik)

Perairan mengalir ialah ekosistem perairan tawar yang arus airnya selalu ada dan kecepatannya tergolong variatif (Muhtadi & Cordova, 2016, hlm 7). Air ekosistem lotik tidak tetap, tetapi mengalami perubahan yakni bergantung pada musim. Sebagai suatu ekosistem terbuka, ekosistem ini mendapat kiriman bahan organik yang aliran air angkut dari areal hulu atau daratan.

(a) Sungai

Sungai ialah badan air mengalir yang memunculkan aliran di area darat dari hulu yang mengarah ke hilir dan berakhir pada muara yang menuju ke lautan. Fungsi esensial sungai yaitu sebagai penampung curah hujan dan mengalirkannya hingga ke lautan. Ekosistem sungai pun menjadi habitat bagi organisme akuatik yang eksistensinya begitu terpengaruhi oleh lingkungan sekitar.

Suwarno (1991) dalam Putri (2017, hlm 14) mengemukakan, alur sungai diklasifikasi menjadi tiga, yakni bagian hulu, tengah, dan hilir. Bagian hulu ialah areal sumber erosi sebab biasanya yang dilewati alur sungai yaitu pegunungan atau perbukitan yang mempunyai ketinggian cukup dari permukaan laut. Substrat permukaan pada di bagian hulu lazimnya berupa batu-batu dan pasir.

Bagian tengah ialah area transisi antara bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungai lebih landai yang akhirnya laju alirannya lebih kecil di bagian hulu. Permukaan dasar bagian tengah biasanya dipenuhi pasir atau lumpur. Bagian hilir menjadi areal aliran sungai yang berujung pada muara dan menuju ke lautan atau sungai lainnya. Bagian ini biasanya melewati areal bagian dengan substrat permukaan yakni endapan pasir halus hingga kasar, lumpur.

4. Faktor Fisika Kimia Perairan Tawar

a. Faktor Fisika Perairan Tawar

1) Suhu

Suatu organisme terpengaruhi oleh suhu sehingga suhu perairan membatasi persebaran organisme. Utomo & Chalif, (2014, hlm 3) memaparkan, suhu menjadi faktor pembatas sebab biasanya organisme sifatnya *stenothermal* atau mempunyai toleransi sempit. Keadaan ini mengakibatkan ketiadaan perbedaan fluktuasi suhu yang tampak menonjol pada permukaan perairan. Sifat air yaitu sebagai stabilisator sebab air bisa meminimalkan perubahan suhu hingga tingkat minimum yang akhirnya perbedaan suhu dalam air lebih rendah dan berakibat pada lambatnya perubahan bila diperbandingkan yang ada di udara.

Organisme yang ada di perairan sangat dipengaruhi oleh suhu, contohnya organisme air yakni hewan dan tumbuhan yang terklasifikasi dalam kategori *stenothermal*. Suhu yang variatif tersebut bisa menghambat metabolisme organisme air.

Pada perairan yang tidak begitu besar dan dalam, sinar matahari dan hembusan angin bisa dengan gampang memengaruhi suhu perairan. Namun perairan yang luas dan dalam umumnya tidak mendapat pengaruh dari sinar matahari dan angin.

2) Kecerahan Air

Utomo & Chalif (2014, hlm 4) memaparkan, zat yang terlarut dalam air kerap memengaruhi penetrasi cahaya. Dampak yang dimunculkan dari terbatasnya penetrasi bisa mengakibatkan terbatasnya suatu habitat akuatik yang menjadi zona fotosintesis. Kekeruhan, khususnya jika kemunculannya dipicu oleh lumpur dan partikel yang bisa menjadi endapan, benar-benar berkemungkinan menjadi faktor pembatas. Di samping itu, terbatasnya tingkat penetrasi bisa membatasi organisme untuk berfotosintesis yang akhirnya, menurunnya fotosintesis bisa berdampak pada menurunnya kuantitas oksigen yang terlarut. Tingginya kekeruhan bisa memunculkan gangguan pada metabolisme. Kebalikannya, bila organisme menjadi pemicu kekeruhan, maka ukuran kekeruhan mengindikasikan tingginya produktivitas.

b. Faktor Kimia Perairan Tawar

1) pH

Merliyana (2017) dalam Pratiwi (2019, hlm 13) mengemukakan, pH (derajat keasaman) ialah faktor pembatas bagi organisme yang hidupnya di perairan. pH air mengindikasikan aktivitas ion hidrogen di perairan. Nilai pH pada banyak perairan alami berkisar antara 4 hingga 9. Berubahnya pH air bergantung pada polutan air. Air yang pH-nya lebih tinggi atau rendah daripada kisaran normalnya bisa memengaruhi kehidupan jasad renik.

2) Dissolved Oxygen (DO)

Utomo & Chalif (2014, hlm 7) memaparkan, sumber oksigen terlarut yaitu udara melalui difusi dan agitasi air, termasuk fotosintesis yang mendapat pengaruh dari kerapatan tanaman, banyaknya cahaya, dan lamanya penyinaran. Pada air, ada kandungan oksigen yang variatif. Hal ini disebabkan laju yang berbeda pada fotosintesis siang dan malam. Sementara pengurangan oksigen terlarut bisa terpengaruhi oleh respirasi organisme, terurainya zat organik oleh mikroorganisme.

Kondisi perairan di Indonesia diatur dalam PP No 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Status perairan diklasifikasi menjadi empat kategori yang didasarkan pada kondisi faktor fisika dan kimia pada perairan. Tabel 2.1 mengindikasikan kriteria status perairan berdasarkan PP No 82 Tahun 2001.

Tabel 2.1 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

No	Parameter	Satuan	Kelas				Ket
			I	II	III	IV	
Fisika							
1.	Temperatur	⁰ C	Dev.3	Dev.3	Dev.3	Dev.3	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Kimia Anorganik							
2.	pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Jika secara alamiah di bawah rentang tersebut,

							maka penentuannya berdasarkan kondisi alamiah
3.	DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
4.	Timbal (Pb)	Mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb < 0,1 mg/L

B. Waduk Saguling

Waduk Saguling letaknya di Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat yang menjadi bagian dari sistem waduk *cascade* yang ada di DAS Citarum. Waduk Saguling memulai operasinya pada tahun 1985 sebagai PLTA, dan fungsinya yaitu untuk mengendalikan banjir dan menampung air sementara dari sungai Citarum.

Biantara (2014, hlm 1) menyampaikan, Waduk Saguling mempunyai fungsi majemuk di antaranya untuk pembangkit energi listrik, pembudidayaan ikan jaring terapung, sebagai reservoir atau pihak yang menyediakan air, dan pengembangan pariwisata. Kemanfaatan dari dilakukannya kegiatan tersebut yaitu bisa memunculkan untung yang tinggi bagi pemerintah dan masyarakat.

Kebijakan Pemerintah dalam pembuangan limbah pada Daerah Aliran Sungai Citarum diatur pada Perpres Nomor 15 Tahun 2018 tentang percepatan pengendalian pencemaran dan kerusakan Daerah Aliran Sungai Citarum. Pemerintah memberikan aturan kepada pelaku industri untuk membuat Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dapat mengelola Bahan, Berbahaya dan Beracun (B3).

Ketentuan mengenai baku mutu limbah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, terdapat 42 jenis tipe industri yang diatur mengenai baku mutu air limbahnya.

Permasalahan Daerah Aliran Sungai Citarum dari bagian hulu hingga bagian hilir berkaitan dengan ekonomi masyarakat dan di ikuti oleh pergeseran budaya. Budaya nyampah pada masyarakat yang berada di bagian hulu yang akan menyebabkan pendangkalan pada perairan. Disekitar tempat tinggal masyarakat terkadang tidak ada tempat pembuangan sampah (TPS). Sampah menumpuk di pinggir jalan, sehingga membuang sampah pada sungai dianggap lumrah pada masyarakat. Masih banyak masyarakat yang menghiraukan aturan pemerintah mengenai larangan membuang sampah pada sungai yang mengakibatkan terjadinya pencemaran sungai.

C. Logam Berat

Logam berat ialah unsur yang bernomor atom 22 - 23 dan 40 - 55, termasuk unsur golongan laktanida dan aktinida, serta mempunyai respons biokimia yang unik (spesifik) pada organisme hidup (Connel dan Miller, 1995 dalam Prasetiawati, E, 2018, hlm 9).

Logam berat yang didapati di perairan bisa memunculkan akibat yang membahayakan secara langsung dan tak langsung bagi kehidupan dan kesehatan manusia. Munculnya logam berat diakibatkan oleh proses alam dan aktivitas manusia (Suhendrayatna, 2001 dalam Sarjono, A, 2009, hlm 10).

Sutamihardja (1982) dalam Sarjono, A (2009, hlm 11) menyebutkan sifat-sifat logam berat secara umum di antaranya:

- a. Sukar terdegradasi, yang akhirnya gampang diakumulasi dalam lingkungan perairan dan eksistensinya secara alami menjadi sukar diuraikan (dimusnahkan).
- b. Bisa diakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, bisa mengancam kesehatan manusia yang mengonsumsi organisasi tersebut.
- c. Mudah diakumulasi di sedimen, yang akhirnya konsentrasi yang ada selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam dan air. Di samping itu, sedimen gampang disuspensi sebab adanya gerakan massa air yang membuat logam yang dikandungnya menjadi terlarut lagi dalam air. Akhirnya, sedimen bisa dijadikan sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Logam berat bisa membuat tubuh makhluk hidup menjadi teracuni, contohnya logam berat Hg, Cd, Pb, Cr. Tetapi, walaupun tiap-tiap logam berat ini

bisa meracuni makhluk hidup, separuh dari logam ini masih diperlukan makhluk hidup dalam jumlah kecil. Bila jumlahnya tidak bisa dipenuhi, maka hal ini bisa berdampak pada keberlangsungan hidup mereka. Logam yang dibutuhkan dalam jumlah kecil ini diistilahkan dengan "mineral esensial tubuh", yakni bila mineral ini masuk dalam tubuh dalam jumlah yang ekseesif, maka akan beralih menjadi racun bagi tubuh, contohnya yaitu Cu, Pb dan Ni (Palar, 2012, hlm 25).

Meningkatnya kadar kelompok elemen esensial dan nonesensial pada perairan bisa saja mempunyai sifat toksik (racun) bagi kehidupan biota perairan. Yang menentukan sifat toksik dan sifat terurainya logam berat dalam perairan yaitu karakteristik fisik dan kimia dari jenis logam berat, termasuk faktor lingkungan. Sanusi (2006) dalam Sarjono, A (2009, hlm 11) menyampaikan, lingkungan atau ekosistem laut yang mendapati gangguan kesetimbangan akibat polutan, sifatnya bisa permanen atau sementara, menyesuaikan dengan faktor-faktor berikut.

1. Kemantapan ekosistem yang ada keterkaitannya dengan rendahnya efek perubahan.
2. Persistensi ekosistem yang berkenaan dengan frekuensi atau lamanya waktu untuk kelangsungan proses normal ekosistem.
3. Kelembaman ekosistem yang berkenaan dengan kemampuan bertahan terhadap gangguan eksternal.
4. Elastisitas ekosistem perihal kekenyalan ekosistem agar bisa kembali ke kondisi awal setelah mendapati gangguan.
5. Amplitudo ekosistem yang berkenaan dengan tingginya skala gangguan yang di mana daya pulih masih berpeluang terjadi.

"Faktor – faktor yang memengaruhi tingkat toksisitas logam berat di antaranya suhu, salinitas, pH, dan kesadahan" (Hutagalung, 1984, hlm 12). Turunnya pH dan salinitas perairan memicu makin besarnya toksisitas logam berat. Meningkatnya suhu memicu meningkatnya toksisitas logam berat. Sementara tingginya kesadahan bisa meminimalisir toksisitas logam berat, sebab logam berat dalam air dengan kesadahan tinggi memunculkan senyawa kompleks yang mengalami endapan dalam air.

Tingkat toksisitas logam berat untuk biota perairan terpengaruh oleh jenis logam, spesies biota, daya permeabilitas biota, dan mekanisme detoksikasi. Logam

berat bisa mengumpul (terakumulasi) di dalam tubuh suatu biota dan tetap tinggal dalam tubuh dalam waktu lama sebagai racun. Pada batas dan kadar tertentu, seluruh logam berat bisa memunculkan efek buruk pada biota perairan.

1. Timbal (Pb)

Vogel (1990) dalam Afrizki (2018, hlm 14) mengemukakan, Timbal (Pb) ialah logam lunak yang warnanya abu-abu dan mencakup isotop nomor massa 203 - 210, nomor atom 82, dan bobot atom 207,22. Pb yang berkombinasi dengan logam lain akan memunculkan perpaduan logam yang lebih baik daripada logam murni. Pb bisa mengakibatkan kerusakan tubuh lewat makanan, minuman dan pernafasan. Timbal tidak dibutuhkan tubuh manusia. Oleh karenanya, bila makanan terkontaminasi dengan Pb, maka “tubuh manusia akan mengeluarkan sebagian dan sisanya akan terakumulasi pada bagian tubuh seperti ginjal, hati, kuku, rambut dan jaringan lemak” (Susilawati, 2009 dalam Afrizki, 2018, hlm 15)

Pb mempunyai sejumlah kemanfaatan yang akhirnya kerap dipakai sebab titik cairnya tergolong rendah dan sifatnya lunak dan memungkinkannya gampang diubah bentuknya. Di samping itu, Pb bersifat kimia sebagai pemberi proteksi dan densitasnya pun tinggi. Pb acapkali dipakai di industri percetakan, industri baterai, sebagai zat campuran bahan bakar, campuran cat, dan sebagai pelapis kabel pipa.

Pb mempunyai toksisitas yang bisa mengancam tubuh dan membuat sistem terganggu. Contohnya, pada sistem syaraf di otak, otak besar bisa mengalami kerusakan, halusinasi, dan epilepsi. Pb pun bisa memicu kerusakan pada sistem urinaria dan ginjal manusia (Darmono, 2001) dalam Sarjono (2009, hlm 12).

Hammond (1971) dalam Musthaphia dan Sunarno (2006, hlm 7) mengemukakan, Timbal yang sudah masuk ke dalam tubuh manusia bisa tersekresi lewat ginjal sebesar 76%, saluran pencernaan sebanyak 16% dan lewat kuku, keringat, rambut, empedu sebanyak 8%. Pb yang masuk ke dalam tubuh pun bisa menjadikan perkembangan otak terhambat dan sel darah merah pun tersumbat.

D. Pencemaran Ekosistem Perairan Tawar

UU Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982 menyebutkan, “Pencemaran lingkungan merupakan masuknya atau dimasukkannya

mahluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alami". Oleh karenanya, kualitas lingkungan bisa mengalami penurunan hingga tingkat tertentu yang akhirnya berdampak pada buruknya lingkungan atau tidak bisa difungsikan lagi sebagaimana mestinya.

Bahan-bahan pencemar tidak sekadar berdampak buruk pada kesehatan, namun juga bisa memicu kematian pada hewan dan manusia, termasuk tumbuh kembang tumbuhan.

Darmono (1995) dalam Sarjono (2009, hlm 19) mengklasifikasi sumber yang memicu tercemarnya logam berat yang didasarkan pada lokasinya, yaitu:

1. Pada perairan estuaria, pencemaran mempunyai keterkaitan yang erat dengan pemakaian logam oleh manusia.
2. Pada perairan laut lepas, pencemaran logam berat lazimnya berlangsung secara langsung dari atmosfer atau dikarenakan minyak yang tumpah dari kapal tanker.
3. Pada perairan areal pantai kontaminasi logam acapkali asalnya dari mulut sungai yang tercemar oleh limbah industri atau pertambangan.

1. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air

Air ialah zat yang begitu esensial dalam keberlangsungan kehidupan mahluk hidup. Bila air sudah terkena kontaminasi logam yang membahayakan, maka hal ini bisa berdampak negatif bagi kehidupan. Dibanding air laut, material anorganik dan organik lebih banyak terkandung dalam air tawar (Darmono, 2001, hlm 18). Material itu berkemampuan mengabsopsi logam yang akhirnya kontaminasi logam lebih gampang terjadi pada air tawar.

Tabel berikut mengindikasikan baku mutu kandungan Pb di perairan menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001.

Tabel 2.2 Baku Mutu Logam Berat dalam Air

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
Timbal (Pb)	Mg/L	0,03	0,03	0,03	1

Sumber : Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001.

Keterangan :

Kelas I : yaitu air baku untuk minum atau peruntukan yang lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.

Kelas II : yaitu air yang bisa dipakai untuk prasarana/sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan air, pengairan tanaman, dan yang lainnya yang mensyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas III : yaitu air yang dipakai untuk budidaya ikan air tawar, peternakan air, pengairan tanaman, dan sebagainya yang mensyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas IV : yaitu air yang dipakai untuk pengairan tanaman dan yang lainnya yang mensyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen

Sedimen ialah padatan yang mencakup partikel - partikel padatan yang ukurannya besar dan berat dan bisa langsung mengalami pengendapan secara otomatis bila air didiamkan atau tidak diganggu selama beberapa saat. Pengendapan sedimen ini selanjutnya memunculkan dasar perairan yang ditinggali tumbuhan dan hewan dasar perairan.

Fardiaz (1992) dalam Usman dkk (2013, hlm 51) menyebutkan, tingginya jumlah sedimen di perairan bisa memunculkan kerugian, sebab:

- a. Mengakibatkan pendangkalan dan sumbatan yang akhirnya volume air yang tertampung menurun, dan populasi pun ikut turun.
- b. Menurunkan populasi ikan dan hewan air lainnya dikarenakan terendamnya telur dan sumber makanan oleh sedimen.
- c. Menurunkan penetrasi cahaya ke dalam perairan yang akhirnya kecepatan fotosintesis pun juga turun.
- d. Mengeruhkan air.

Hutabarat dan Stewart (1985) dalam Sarjono (2009, hlm 32) menyampaikan, sedimen diklasifikasi menjadi tiga kategori. Yang pertama ialah *lythogenous*, yakni sedimen yang asalnya dari batuan, lazimnya diwujudkan dalam mineral silikat yang muncul karena pelapukan batuan. Kategori kedua ialah *biogenous* yakni sedimen yang asalnya dari organisme berupa sisa-sisa tulang, gigi

atau cangkang organisme. Terakhir, *hydrogenous* yaitu sedimen yang munculnya dikarenakan reaksi kimia yang berlangsung di laut.

Umumnya, logam berat pada sedimen tidak terlalu mengancam makhluk hidup perairan, namun oleh adanya pengaruh kondisi perairan yang sifatnya dinamis yaitu berubahnya pH, yang akan mengakibatkan logam yang mengalami pengendapan dalam sedimen menjadi terionisasi ke perairan. Hal inilah yang menjadikan bahan pencemar dan bisa memunculkan sifat toksik pada organisme hidup bila jumlahnya ekseksif.

Tabel 2.3 mengindikasikan baku mutu kandungan Pb pada sedimen menurut IADC/CEDA 1997.

Tabel 2.3 Baku Mutu Logam Berat dalam Sedimen

Logam Berat	Satuan	Level Target	Level Limit	Level Tes	Level Intervensi	Level Bahaya
Timbal (Pb)	ppm	85	530	530	530	1000

Sumber : IADC/CEDA (1997)

- Level target, yakni bila konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen nilainya di bawah nilai level target, maka substansi yang ada pada sedimen tidak begitu membahayakan lingkungan.
- Level limit, yakni bila konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen mempunyai nilai maksimum yang bisa ditoleransi bagi bagi kesehatan manusia dan ekosistem.
- Level tes, yakni bila konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen posisinya di kisaran nilai antara level limit dan level tes, maka kategorinya ialah "tercemar ringan".
- Level intervensi, yakni bila konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen posisinya di kisaran nilai antara level tes dan level intervensi, maka kategorinya yaitu "tercemar sedang".
- Level bahaya, yakni bila konsentrasi kontaminan ada di nilai yang melebihi baku mutu level bahaya, maka pembersihan sedimen harus dijalankan sesegera mungkin.

3. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Ikan

Ikan ialah organisme air yang bisa melakukan gerakan cepat dan berkemampuan menghindarkan dirinya dari efek tercemarnya air. Sayangnya, bagi ikan yang hidupnya di habitat yang mempunyai keterbatasan, maka ikan tersebut akan mendapati kesukaran saat mencoba menghindari efek pencemaran, yang akhirnya unsur-unsur pencemaran masuk ke tubuh ikan. Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup lewat beberapa cara, yakni saluran pernafasan, pencernaan, dan penetrasi melalui kulit. Pada tubuh hewan, absorpsi logam dilakukan oleh darah, terikat dengan protein darah yang akhirnya tersebar ke tiap-tiap jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi umumnya dalam detoksikasi (hati) dan ekskresi (ginjal) (Darmono, 2001 dalam Suyanto, dkk, 2010, hlm 34).

Mukono (2002) dalam Suyanto, dkk (2010, hlm 34) menjelaskan, efek utama dari toksisitas logam yaitu pada insang. Di samping difungsikan untuk bernapas, insang pun dipakai untuk mengatur tekanan yakni antara air dan dalam tubuh ikan (osmoregulasi). Jaringan tubuh organisme yang gampang terakumulasi logam berat yaitu jaringan insang, yang akhirnya ikan lama-lama merasakan kelemahan dan mati karena proses pertukaran ion dan gas lewat insang mendapati gangguan. Efek toksisitas logam yang kedua yaitu pada alat pencernaan dan muncul melalui pakan yang terkena kontaminasi logam. Efek berikutnya yaitu pada ginjal ikan. Ginjal ikan difungsikan untuk filtrasi dan ekskresi bahan yang lazimnya tidak tubuh butuhkan, termasuk bahan racun seperti logam berat. Hal ini memicu rusaknya ginjal yang kerap terjadi akibat daya toksik logam. Seluruh efek tersebut memunculkan akumulasi logam dalam jaringan (bioakumulasi) dan prosesnya berlangsung setelah absorpsi logam dari air atau lewat pakan yang tercemar.

Tabel 2.4 mengindikasikan batas maksimum logam berat dalam ikan menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. 5 Tahun 2018.

Tabel 2.4 Batas Maksimum Logam Berat dalam Ikan

Logam Berat	Satuan	Batas Maksimum
Timbal (Pb)	Mg/Kg	0,20

Sumber : Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. 5 Tahun 2018.

E. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Ade Arinda, Eka Wardhani/2018.	Analisis Profil Konsentrasi Pb di Air Waduk Saguling.	Waduk Saguling	Pengambilan sampel air lewat <i>Purposive sampling</i> , analisis logam berat Pb mengaplikasikan <i>Atomic Absorption Spektrophotometry</i> (AAS).	Konsentrasi logam berat Pb di Waduk Saguling tergolong rendah karena sebagian masih berada dalam baku mutu yang sudah ditetapkan.	Subjek penelitiannya yaitu air di Waduk Saguling Objek penelitiannya yaitu perairan yang tercemari logam berat.	Penelitian sebelumnya menganalisis logam berat Pb pada air, sementara penelitian ini menganalisis logam berat Pb pada air, sedimen dan ikan. Penelitian sebelumnya metode uji logam menggunakan AAS sementara pada penelitian ini menggunakan ICP – OES.

2.	Martius, Ety Riani, Syaiful Anwar/2015.	Kontaminasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Air, Sedimen dan Ikan Selar Tetengkek (<i>Megalaspis cordyla</i> L) di Teluk Palu, Sulawesi Tengah.	Teluk Palu Sulawesi Tengah	Pengambilan sampelnya lewat <i>Purposive sampling</i> , analisis logam berat mengaplikasikan <i>Atomic Absorption Spektrophotometry</i> (AAS).	Konsentrasi Hg dan Pb pada air melebihi baku mutu, konsentrasi Hg dan Pb pada sedimen memenuhi baku mutu, Konsentrasi Hg dan Pb pada ikan masih di bawah baku mutu.	Subjek penelitiannya yaitu air, sedimen dan ikan Objek penelitiannya yaitu perairan yang tercemari logam berat.	Penelitian sebelumnya dilaksanakan di Teluk Palu Sulawesi Tengah. Sementara pada penelitian ini dilaksanakan di perairan Waduk Saguling. Penelitian sebelumnya metode uji logam menggunakan AAS sementara pada penelitian ini menggunakan ICP – OES.
----	---	--	----------------------------	--	---	--	--

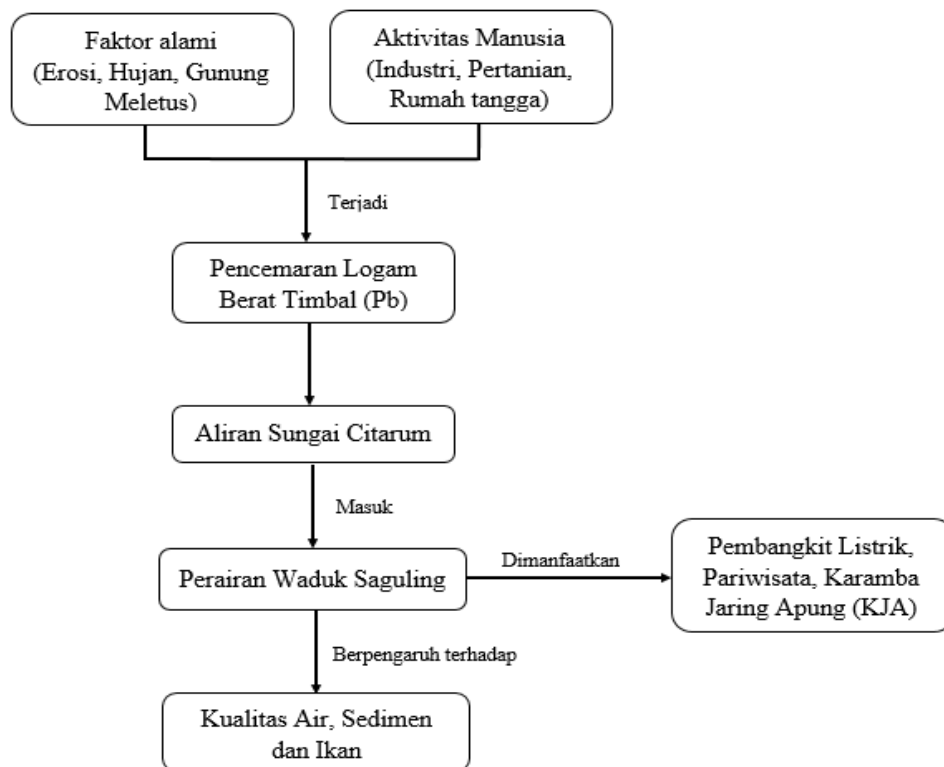
Tabel 2.5 mengindikasikan hasil penelitian terdahulu yang ada relevansinya dengan penelitian yang dilakukan yakni judulnya "Analisis kandungan logam berat Timbal (Pb) pada air, sedimen dan ikan di perairan Waduk Saguling" dan penelitian yang dijalankan Ade arinda dan Eka Wardhani, 2018 yang judulnya "Analisis Profil konsentrasi Pb di air waduk Saguling." Persamaan dengan penelitian terdahulu berkenaan dengan subjek penelitiannya, yakni air yang ada pada waduk tersebut dan objek penelitiannya yakni konsentrasi Pb, analisis logam

berat mengaplikasikan AAS. Yang membedakan keduanya yaitu pengambilan sampel yang dilakukan di 12 titik. Hasil penelitian terdahulu mengindikasikan, konsentrasi Pb di air Waduk Saguling berkategori rendah karena masih berada dalam baku mutu.

Penelitian berikutnya yang mempunyai relevansi dengan penelitian ini yaitu selanjutnya yaitu penelitian Martius, dkk tahun 2015 yang judulnya "Kontaminasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Air, sedimen dan ikan selar tetengkek (*megalaspis cordyla* L) di teluk palu, sulawesi tengah". Penelitiannya menguji kandungan logam Pb pada air, sedimen dan ikan, analisis logam berat menggunakan AAS. Yang membedakannya yaitu lokasi penelitiannya di Teluk Palu, logam yang dianalisis Hg, pengambilan sampelnya dilakukan di 10 titik. Hasil penelitian terdahulu yaitu konsentrasi Pb dan Hg telah melebihi standar baku mutu.

F. Kerangka pemikiran

Adanya pencemaran pada Sungai Citarum yang merupakan DAS yang akan bermuara pada Waduk Saguling, kandungan logam berat berasal dari kegiatan alamiah dan aktifitas manusia disekitar perairan. Kandungan logam secara alamiah bisa berasal dari erosi, hujan, gunung meletus. Kandungan logam dari aktifitas manusia berasal dari kegiatan industri, pertanian, sisa pakan budidaya ikan Karamba Jaring Apung (KJA) serta kegiatan rumah tangga, merupakan faktor penyebab dari meningkatnya logam berat di perairan. Akibat dari aktivitas-aktivitas tersebut kemungkinan pencemaran logam berat pun akan terjadi, dimana ketika perairan telah tercemar oleh logam berat maka kualitas air, sedimen maupun ikan akan ikut tercemar. Waduk Saguling dimanfaatkan sebagai Pembangkit listrik, pariwisata dan KJA. Keberadaan budidaya ikan konsumsi di KJA yang ada di perairan Waduk Saguling akan terpengaruh oleh adanya kandungan logam berat Pb. Kandungan logam pada konsentrasi tertentu akan mengakibatkan gangguan pada fungsi organ dan bisa menyebabkan kematian. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka diperlukan suatu kajian yang bisa menginformasikan perihal kandungan Pb pada air, sedimen dan ikan di perairan Waduk Saguling.



Gambar 2.1
Kerangka Pemikiran

G. Pertanyaan Penelitian

Agar dapat memperjelas ruang lingkup penelitian, maka rumusan masalah tersebut dirinci kedalam pertanyaan – pertanyaan penelitian berikut ini:

1. Berapa besar konsentrasi logam berat Pb pada air di Perairan Waduk Saguling?
2. Berapa besar konsentrasi Pb pada sedimen di Perairan Waduk Saguling?
3. Berapa besar konsentrasi Pb 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 nilai ambang batas Pb?

H. Analisis Kompetensi Dasar (KD) pada Pembelajaran Biologi

1. Keterkaitan Penelitian Analisis Logam Berat Timbal (Pb) pada Air, Sedimen dan Ikan di Perairan Waduk Saguling terhadap Kegiatan Pembelajaran Biologi

Penelitian yang dilakukan mengenai Analisis Logam Berat Pb pada Air, Sedimen dan Ikan di Perairan Waduk Saguling menyajikan data yang faktual, data tersebut merupakan hasil penelitian. Keterkaitan penelitian dengan kegiatan pembelajaran yaitu siswa bisa mengetahui penyebab pencemaran lingkungan serta dampaknya. Hasil penelitian diharapkan bisa mendukung proses pembelajaran Biologi mengenai materi pencemaran lingkungan pada perairan.

2. Analisis Kompetensi Dasar (KD)

Materi pembelajaran mengenai pencemaran terdapat pada kelas X semester 2, termasuk kedalam Kompetensi Dasar 3.10 yaitu "menganalisis data perubahan lingkungan dan dampak dari perubahan – perubahan tersebut bagi kehidupan" dan pada Kompetensi Dasar 4.10 yaitu "memecahkan masalah lingkungan dengan membuat desain produk daur ulang limbah dan upaya pelestarian lingkungan".