

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Perairan

Pencemaran air merupakan suatu perubahan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia. Selain itu pencemaran air adalah tempat penyimpangan sifat-sifat air dalam keadaan normal (Kristanto, 2002). Sungai yang besar dengan memiliki arus air yang deras menyebabkan bahan pencemar akan mengalami pengenceran, sehingga tingkat pencemaran menjadi rendah. Apabila suatu perairan mengalami pencemaran yang berat dan terdapat bahan pencemar yang besar, maka proses pengenceran akan meningkat, dan biodegradasi akan menurun jika arus air mengalir secara perlahan. Hal tersebut menyebabkan konsumsi oksigen terlarut yang diperlukan oleh kehidupan air dan biodegradasi akan cepat diperbaharui (Darmono, 2010).

Pencemaran diakibatkan oleh masuknya bahan pencemar yang dapat berupa gas, bahan-bahan terlarut, dan partikulat. Pencemar yang masuk ke badan sungai dengan cara melalui atmosfer, tanah, limpasan (*run off*) pertanian, limbah domestik dan perkotaan, serta limbah industri. Sumber pencemar dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu suatu lokasi tertentu (*point source*) dan tidak tentu atau tersebar (*nonpoint source*). Volume pencemaran *point source* biasanya relatif tetap (Effendi, 2003).

Sumber bahan pencemar yang masuk ke dalam perairan berasal dari air buangan yang diklasifikasikan (Effendi, 2003):

1. *Point source discharges* (sumber titik), yaitu sumber titik atau sumber pencemar yang dapat diketahui secara pasti dapat berupa suatu lokasi seperti air limbah industri maupun domestik.
2. *Nonpoint source* (sebaran), berasal dari sumber yang tidak diketahui secara pasti. Pencemaran masuk ke perairan melalui *run off* dari wilayah pertanian, pemukiman, dan perkotaan.

Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya

perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui (Wardhana, 2004):

1. Adanya perubahan suhu air.
2. Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion hidrogen.
3. Adanya perubahan warna, bau, dan rasa air.
4. Timbulnya endapan, koloid, bahan pelarut.
5. Adanya mikroorganisme.

2.1 Kualitas Air

Kualitas air merupakan sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi atau komponen lainnya yang berada di dalam air (Effendi, 2003). Kualitas air juga dapat menggambarkan kesesuaian atau kecocokan air untuk peruntukan tertentu, misalnya air minum, perikanan, perairan/irigasi, industri, rekreasi, dan sebagainya. Kualitas air sungai dapat dinyatakan dengan parameter yang menggambarkan kualitas air tersebut yang meliputi derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), kandungan logam, dan sebagainya. Parameter biologi meliputi kandungan mikroorganisme dalam air. Parameter tersebut meliputi parameter fisika, kimia, dan biologi (Asdak, 2004):

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan Air
2.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air Gambut (Berdasarkan kondisi alaminya)

No.	Parameter	Satuan	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
3.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	6	4	3	1	Batas Minimal
4.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	

Sumber: PP No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, lampiran VI

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, klasifikasi mutu air digolongkan menjadi 4 (empat) kelas dimana pembagian kelas ini didasarkan pada tingkatan baiknya mutu air dan kemungkinan kegunaannya bagi suatu peruntukan yaitu:

1. Kelas satu merupakan air peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua merupakan air peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga merupakan air peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4. Kelas empat merupakan air peruntukannya dapat digunakan mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.1 Sedimen

Sedimen merupakan pecahan material yang umumnya terdiri dari uraian batuan. Hasil sedimen diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*). Sedimen adalah suatu bahan pencemar yang berasal dari daratan dan dapat digunakan sebagai indikator pencemar lingkungan (Cahyani, 2017). Baku mutu kadmium (Cd) pada sedimen menurut Permen-LH No 51 Thn 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut adalah 0,001 mg/l.

Proses terjadinya sedimentasi dimulai dengan jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik, dimana proses tersebut merupakan proses awal terjadinya erosi tanah menjadi partikel halus. Partikel tersebut menggelinding bersama aliran air hujan yang meninggalkan sebagian partikel di atas tanah. Sebagian lainnya masuk ke dalam sungai terbawa aliran menjadi sedimen. Besarnya volume sedimen tergantung pada perubahan kecepatan aliran, perubahan musim penghujan dan kemarau. Di Indonesia, yang lebih berperan dalam proses sedimentasi adalah faktor air (Pangestu dan Helmi, 2013).

Menurut energi lingkungan pembentuknya, sedimen yang berukuran halus, lempung dan liat umumnya terdapat di lingkungan perairan yang relatif tenang. Sedimen yang berukuran kasar yaitu kelompok kerikil dan pasir terbentuk di lingkungan perairan yang dinamis. Secara ekologi perairan dengan lingkungan yang relatif tenang merupakan daerah pengendapan dan memiliki gerak atau pergantian dengan massa air yang lambat, kondisi reduksi dan rentan terhadap pencemaran akibat masukan limbah buangan dari darat. Keadaan ini sebaliknya terjadi pada perairan dengan lingkungan dinamis.

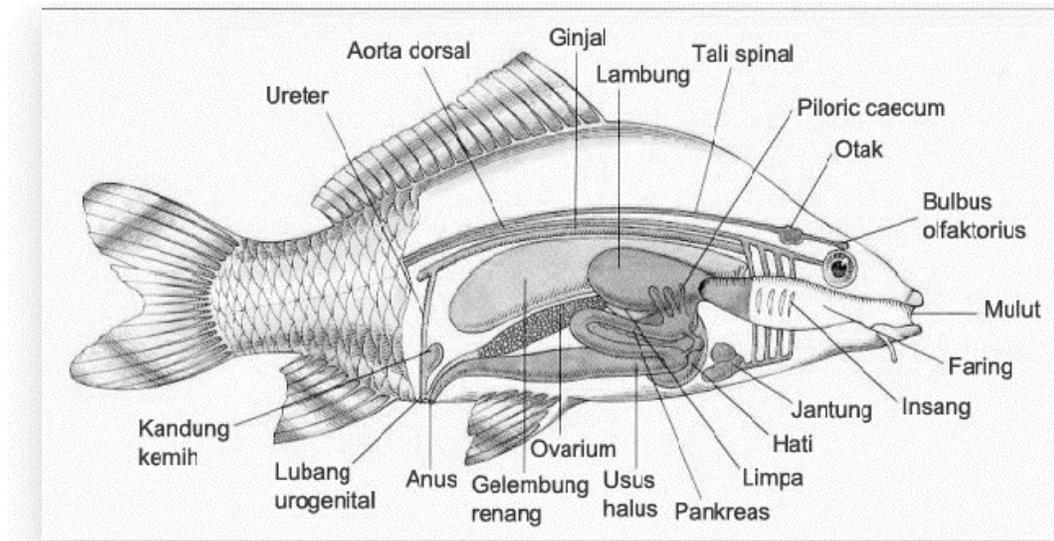
Sedimen di perairan terdapat zat hara yang bervariasi, misalnya nitrat dan fosfat. Peranan nitrat dan fosfat yang ada pada sedimen juga penting karena untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup bagi organisme. Organisme ini berperan

sebagai rantai makanan yang mendukung produktivitas perairan (Santoso, 2007).

2.3 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Adapun klasifikasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menurut Amri dan Khairuman (2007) adalah sebagai berikut:

Filum	: Chordata
Sub Filum	: Vertebrata
Kelas	: Pisces
Sub Kelas	: Achanthopterygii
Ordo	: Perciformes
Sub Ordo	: Percoidea
Famili	: Cichlidae
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Spesies	: <i>Oreochromis niloticus</i>



Gambar 2.1 Morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Sumber: Khaw, 2004

Menurut Khairuman dan Amri 2007, morfologi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yaitu lebar badan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) umumnya seperti panjang badan. Bentuk tubuhnya memanjang dan ramping, sisik ikan nila

(*Oreochromis niloticus*) relatif besar, matanya menonjol dan besar dengan tepi berwarna putih. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) mempunyai lima buah sirip yang berada di punggung, dada perut, anus, dan ekor. Pada sirip dubur (*anal fin*) memiliki 3 jari-jari keras dan 9- 11 jari-jari sirip lemah. Sirip punggung (*dorsal fin*) memiliki 1 jari-jari sirip keras dan 13 jari-jari sirip lemah. Sirip ekor (*caudal fin*) memiliki 2 jari-jari lemah mengeras dan 16-18 jari-jari sirip lemah. Sirip dadanya (*pectoral fin*) memiliki 1 jari-jari sirip keras dan 5 jari-jari sirip lemah. Sirip perut (*ventral fin*) memiliki 1 jari-jari sirip keras dan 5 jari-jari sirip lemah. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) memiliki sisik *cycloid* yang menutupi seluruh tubuhnya.

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) jantan mempunyai bentuk tubuh lebih bulat dan agak pendek dibandingkan ikan nila betina. Warna ikan nila (*Oreochromis niloticus*) jantan umumnya lebih cerah dibandingkan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) betina. Bagian anus ikan nila (*Oreochromis niloticus*) jantan terdapat alat kelamin yang memanjang dan terlihat lebih cerah. Sementara itu, warna sisik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) betina sedikit lebih pudar dibandingkan warna sisik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) jantan dan tubuh ikan nila betina sedikit lebih memanjang. Bagian anus ikan nila (*Oreochromis niloticus*) betina terdapat 2 (dua) tonjolan membuat. Satu merupakan saluran keluarnya telur dan satunya lagi adalah saluran pembuangan kotoran. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) mencapai masa dewasa pada umur 4 bulan sampai dengan 5 bulan. Pada induk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) betina dapat bertelur hingga 1.000 sampai dengan 2.000 butir telur. Telur yang telah dibuahi oleh induk, akan dierami di mulut induk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) betina hingga menjadi larva.

2.4 Logam Berat

Logam berat merupakan zat dengan kandungan konduktivitas tinggi listrik, kelenturan dan kilau yang secara sukarela kehilangan trons pemilu mereka untuk membentuk kation. Distribusi logam di atmosfer dipantau oleh sifat logam yang diberikan dan oleh berbagai faktor lingkungan (Chaffai, 2010).

Logam berat termasuk unsur penting yang diperlukan makhluk hidup. Akan

tetapi dengan kadar yang tidak melebihi batas yang telah ditentukan sebagai trace element. Logam berat esensial seperti tembaga (Cu), selenium (Se), besi (Fe) dan zink (Zn) merupakan logam berat yang dibutuhkan oleh tubuh manusia untuk menjaga metabolisme. Sebaliknya logam berat yang non esensial tidak memiliki fungsi dalam tubuh manusia dan bahkan sangat berbahaya sehingga dapat menyebabkan keracunan pada manusia seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), arsen (As) dan kadmium (Cd). Logam berat merupakan komponen alami yang terdapat di kulit bumi yang tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan dan merupakan zat yang berbahaya karena dapat terjadi bioakumulasi (Yudo, 2006).

Sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia adalah (Sutamihardja, 2006):

- A. Logam berat yang sulit didegradasi, sehingga cenderung akan terakumulasi pada lingkungan.
- B. Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan konsentrasi dapat semakin tinggi atau dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi.
- C. Logam berat mudah terakumulasi pada sedimen, sehingga konsentrasi selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam berat dalam air.

Klasifikasi toksisitas dapat digolongkan menjadi 3 bagian yaitu (Darmono, 2001):

- a. Berdasarkan durasi waktu timbulnya efek toksisitas dikelompokkan menjadi: toksisitas akut sifatnya mendadak, waktu singkat efeknya reversibel, serta kronis, durasi lama, konstan serta terus menerus efeknya permanen atau irreversibel.
- b. Berdasarkan tempat bahan kimia (toksikan) tersebut memiliki efek: toksisitas lokal (efek yang terjadi pada tempat aplikasi atau exposure, di antara toksikan dan sistem biologis) dan toksisitas sistemik (toksikan diabsorpsi ke dalam tubuh dan didistribusikan melalui aliran darah dan mencapai organ dimana akan terjadi efek).
- c. Berdasarkan respons yang terjadi dan organ dimana bahan kimia tersebut memiliki efek toksisitas dibedakan: hepatotoksik, nefrotoksik, neurotoksik, imunotoksin, teratogenik karsinogenik serta allergen sensitizers atau bahan

kimia/fisika yang bisa merangsang timbulnya efek alergi, karsinogenik.

2.5 Logam Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) merupakan unsur golongan IIB (logam) yang mempunyai bilangan oksidasi 2, ion dalam larutan tidak berwarna, dan senyawa dalam bentuk padatan tidak berwarna mencolok. Kadmium (Cd) mempunyai nomor atom 48, massa atom 112,4, kerapatan 8,64 g/cm³ titik cair 320,9°C (Stoepler, 1992). Kadmium (Cd) merupakan logam berat kelas B, yaitu logam-logam yang terlibat dalam proses enzimatik dan dapat menimbulkan polusi. Logam kelas B masuk melalui ikatan protein (*ligand binding*). Logam kelas B lebih reaktif terhadap ikatan ligan dengan sulfur dan nitrogen, sehingga hal ini sangat penting dalam sistem fungsi metaloenzim yang bersifat racun terhadap metabolisme sel itu sendiri. Apabila sitoplasma sel mengikat logam non esensial atau sitoplasma mengikat logam yang tidak semestinya maka akan menyebabkan rusaknya kemampuan katalitik (detoksifikasi) dari sel tersebut. Hal ini sering terjadi pada sel-sel respirasi yaitu epitel insang yang menjadi rusak karena beberapa logam, termasuk kadmium (Cd) yang termasuk kelas B terikat sebagai ligan. Pada kondisi perairan terkontaminasi kadmium (Cd) merupakan salah satu logam yang tidak terdegradasi oleh organisme air.

Logam tersebut terus-menerus terakumulasi oleh jaringan organisme tersebut sehingga, kandungannya dalam jaringan naik terus sesuai dengan kenaikan konsentrasi logam dalam air, dan logam ini hanya disekresi oleh organisme air dalam jumlah yang sedikit. Kadmium disekresikan sangat lambat dengan waktu paruh sekitar 30 tahun (Lu, 1995). Kadmium di sedimen perairan yang tidak terkontaminasi berkisar antara 0,1 sampai 1,0 µg/g bobot kering. Pada umumnya di air permukaan Cd terlarut maupun partikulat secara rutin dapat terdeteksi. Koefisien distribusi Cd partikulat/ Cd terlarut pada perairan sungai berkisaran 104-105. Fluks input antropogenik secara global per tahun jauh melebihi emisi Cd dari sumber (Istarani, 2014).

Keberadaan logam berat kadmium (Cd) dalam lingkungan secara berlebihan akan menimbulkan dampak negatif yang luas baik secara langsung maupun tidak langsung, sebab logam ini mudah diabsorpsi dan terakumulasi oleh tubuh organisme

(Fauzi, 2015). Air limbah yang mengandung kadmium (Cd) dapat diakumulasi oleh tumbuhan dan biota perairan, apabila dikonsumsi manusia di atas tingkat tertentu maka dapat menyebabkan kerusakan pada hati, kerusakan ginjal, anemia, dan hipertensi (Kulkarni, 2013). Menurut Hadi *et.al* (2015), logam berat kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang beracun di lingkungan. Selain itu, kadmium (Cd) juga bersifat mutagenik yang dapat menyebabkan kerusakan DNA dan dapat menyebabkan kanker pada manusia dan hewan. Hati dan ginjal adalah organ utama dalam akumulasi logam kadmium (Cd).

Kadmium (Cd) dalam air laut berbentuk senyawa klorida (CdCl_2), sedangkan dalam air tawar berbentuk karbonat (CdCO_3). Kadar garam juga mempengaruhi senyawa logam dalam air laut, sehingga terjadi interaksi antara logam dan logam misalnya Ca dan Cd. Logam berbahaya akan diserap oleh hewan air melalui insang dan saluran pencernaan (Darmono, 1995).

2.6 Logam Berat Dalam Lingkungan Air

Pencemaran logam berat meningkat dengan adanya perkembangan industri. Pencemaran logam berat di lingkungan dikarenakan dengan adanya tingkat keracunannya yang tinggi di dalam seluruh aspek kehidupan makhluk hidup. Konsentrasi yang rendah memiliki efek ion logam berat yang bisa berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan. Logam berat dapat mengganggu kehidupan biota dalam lingkungan dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Dhahiyat, 2012).

Logam berat yang berada di perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan di antaranya adalah suhu, pH, dan salinitas. Dalam lingkungan perairan ada tiga media yang dapat dipakai sebagai indikator pencemaran logam berat, yaitu air, sedimen, dan organisme hidup. Pemakaian organisme hidup sebagai indikator pencemaran ini biasanya disebut dengan bioindikator (Palar, 1994).

2.7 Akumulasi Logam Berat dalam Daging Ikan

Keberadaan logam berat dalam perairan sangatlah berpengaruh negatif pada kehidupan biota air. Logam berat yang terikat dalam tubuh organisme akan mempengaruhi aktivitas organisme tersebut. Logam berat dapat terakumulasi melalui beberapa jalan antara lain adalah pernapasan, saluran makan, dan melalui kulit. Jika di dalam tubuh hewan terdapat logam berat yang diabsorpsi oleh darah, maka logam tersebut akan terikat dengan protein. Selanjutnya logam berat tersebut menyebar ke seluruh jaringan tubuh hewan. Akumulasi logam berat pada jaringan tubuh organisme yakni insang, hati dan daging.

Logam berat yang masuk ke dalam jaringan tubuh melalui 3 cara yaitu: (Akbar, 2012)

1. Endositosis, dimana pengambilan partikel dari permukaan sel dengan membentuk wahana perpindahan oleh membran plasma, proses ini seperti berperan dalam bentuk tidak larut.
2. Diserap dari air, 90% kandungan logam berat dalam jaringan berasal dari penyerapan oleh sel epitel insang, yang diduga insang sebagai organ yang menyerap logam berat di dalam air.
3. Diserap dari makanan dan sedimen, penyerapan logam berat dari makanan dan sedimen oleh biota air tergantung pada strategi cara mendapatkan makanannya.

Kadmium (Cd) merupakan logam yang bersifat kronis dan pada manusia biasanya terakumulasi dalam ginjal. Keracunan Cd dalam waktu yang lama membahayakan kesehatan paru-paru, tulang, hati, kelenjar reproduksi dan ginjal. Logam ini juga bersifat nuerotoksik yang menimbulkan dampak rusaknya indera penciuman (Palar, 2004). Menurut SNI No. 7387/2009 tentang Batasan Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) pada daging ikan adalah:

Tabel 2.2 Batasan Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) pada Ikan dan Hasil Olahannya (SNI No 7387 Tahun 2009).

No Kategori Pangan	Kategori Pangan	Batas Maksimum
09.0	Ikan dan produk perikanan termasuk moluska, krustasea dan echinodermata serta amfibi dan reptil	
	Ikan dan hasil olahannya	0,1 mg/kg
	Ikan predator misalnya: cucut tuna, marlin	0,5 mg/kg
	Kerang (<i>bivalve</i>), Moluska dan teripang	1,0 mg/kg
09.0	Udang dan krustasea	1,0 mg/kg

Sumber: SNI 7387:2009

2.8 Akumulasi Kadmium (Cd) pada Manusia

Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang dapat terakumulasi pada organisme hidup karena sifatnya yang mudah diadsorpsi ke dalam sistem pernapasan serta pencernaan. Masuknya kadmium ke sistem pencernaan dan pernapasan, kadmium (Cd) akan membentuk dengan protein sehingga dapat menyebar ke hati dan ginjal bahkan hingga pankreas, usus, dan tulang. Kadmium (Cd) juga dapat mengganggu aktivitas enzim dan sel sehingga dapat menimbulkan tetrato genik, mutu genetik, dan karsinogenik (Szymczyk, 2013).

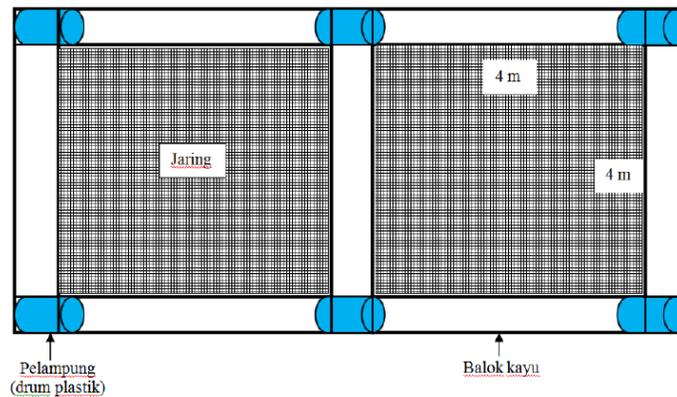
Proses masuknya kadmium (Cd) ke dalam tubuh bisa melalui berbagai cara yaitu melalui pernafasan (asap rokok), bisa melalui oral (makanan), dan bisa melalui suntikan ke daerah kulit. Menurut WHO tubuh manusia hanya dapat menerima 400-500 mikrogram setiap kilogram berat badan setiap hari. Batas toleransi kadmium (Cd) dalam ginjal pada manusia adalah 200 ppm, apabila melewati batas tersebut maka bisa menyebabkan keracunan. Kadmium (Cd) yang masuk ke dalam tubuh akan tertimbun ke dalam organ target yang paling banyak menyerap kadmium (Cd) yaitu hati dan

ginjal. Kadmium (Cd) masuk ke dalam tubuh dapat terjadi melalui makanan dan air minum yang bisa diserap di dalam saluran pernapasan. Penyerapan kadmium (Cd) pada paru-paru jauh lebih besar dibanding saluran pencernaan. Penyerapan kadmium (Cd) di dalam paru- paru dapat berkisar 13-19% dari jumlah kadmium (Cd) yang terserap dengan rata-rata 16% (Voogte *et al*, 1980).

Terakumulasinya kadmium (Cd) di dalam tubuh dapat menimbulkan beberapa efek terhadap organ manusia misalnya pada tulang, paru-paru, sistem reproduksi dan ginjal. Efek kadmium (Cd) terhadap tulang dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang atau gejala rasa sakit, penyakit ini disebut itai-itai. Efek kadmium (Cd) terhadap paru-paru dapat mengakibatkan penderitanya mengalami penyempitan saluran pernapasan dan pembengkakan akibat kelebihan cairan dalam tubuh. Efek kadmium (Cd) terhadap reproduksi dapat mempengaruhi sel reproduksi dimana kadmium (Cd) bisa mematikan sel- sel sperma pada laki-laki, dan efek kadmium (Cd) terhadap ginjal dapat menimbulkan gangguan dan bahkan kerusakan pada sistem kerja ginjal. Kerusakan pada ginjal diakibatkan kadmium (Cd) yang menyebabkan terjadinya asam amniouria dan glikosuria, serta ketidaknormalan kandungan asam urat kalsium dan fosfor dalam urin (Palar, 2004).

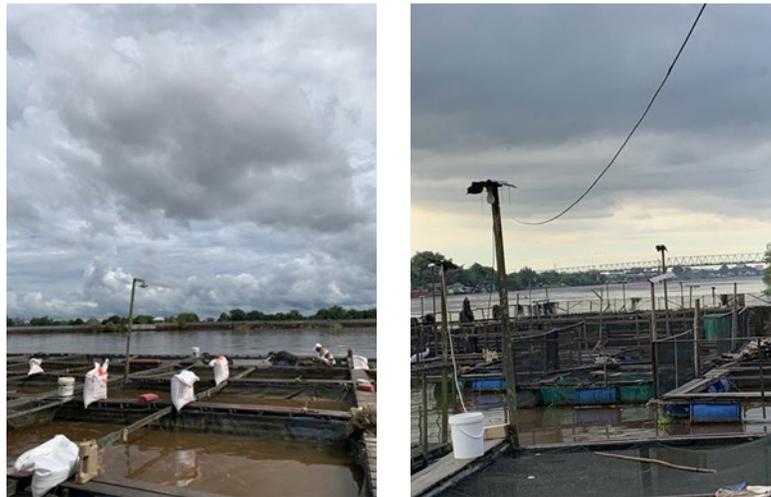
2.9 Keramba Jaring Apung (KJA)

Satu unit keramba jaring apung (KJA) terdiri dari 3 sampai 8 petak (kolam) dan dibangun dari beberapa bagian yaitu: rangka, pelampung, jaring dan pemberat. Satu petak keramba jaring apung ini dibuat dengan panjang 4 meter, lebar 4 meter, dan dengan kedalaman 1,5 meter.



Gambar 2.2 Keramba Jaring Apung

KJA biasanya dapat ditemukan di sekitar tepian sungai, KJA dibuat secara berjejer antara keramba jaring apung satu unit dengan unit lainnya dan saling menyambung. Tujuan dari keramba jaring apung yang menyambung ini untuk mempermudah dalam memelihara serta dalam pengawasan (Erfan, 2018).



Gambar 2.3 KJA di Sungai Kapuas Kecil

Keramba jaring apung (KJA) merupakan wadah pemeliharaan ikan terbuat dari jaring yang berbentuk persegi empat yang diapungkan dalam air permukaan menggunakan pelampung dan kerangka kayu serta sistem penjangkaran. Keramba jaring apung banyak digunakan karena sistem keramba yang memiliki nilai yang ekonomis. Menurut Dinas Pangan, Pertanian dan Perikanan pada Tahun 2019 terdapat

3.001 unit keramba jaring apung dengan luas 47.324 m² yang berada di sepanjang Sungai Kapuas Kecil. Budidaya ikan dengan sistem KJA di sungai banyak diimplementasikan di Indonesia, akan tetapi dalam budidaya KJA tersebut berpotensi memiliki limbah yang masuk ke dalam suatu perairan yang akan menjadi salah satu permasalahan pada suatu perairan.

KJA merupakan wadah budidaya perairan yang cukup ideal yang berada di Sungai Kapuas Kecil, karena sungai ini merupakan salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya perikanan. Pengelolaan usaha budidaya KJA di tepian Sungai Kapuas Kecil dilakukan oleh masyarakat setempat. Keramba yang digunakan oleh masyarakat setempat adalah keramba yang berbentuk segi empat dengan ukuran 6x6m kerangka yang digunakan untuk membuat KJA dengan menggunakan kayu. Jaring yang dipakai adalah jaring *polyethylene*, dan pada setiap sisi bagian bawah kayu diberikan drum plastik. Tujuan dari pemberian drum plastik berfungsi sebagai pengapung kerangka rakit atau sebagai tumpuan rakit dan jaring. Komoditas yang dapat dikembangkan di Sungai Kapuas Kecil selain ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yaitu seperti ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*), ikan gurame (*Osphronemus gouramy*), ikan lele (*Clarias batrachus*), ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) dan ikan toman (*Channa micropeltes*).

Menurut Islam (2005), aktivitas KJA berpotensi menghasilkan limbah yang berasal dari sisa-sisa pakan berupa bahan organik, hal ini terjadi dikarenakan sistem budidaya KJA yang langsung melepaskan limbah ke dalam perairan. Sebagian besar limbah KJA berupa padatan atau terikat dalam partikulat material dan akan mengendap menjadi sedimen. Kegiatan budidaya ikan dengan menggunakan KJA di Sungai Kapuas Kecil ini dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas perairan. Dampak awal yang timbul dari kegiatan budidaya KJA adalah eutrofikasi dan sedimentasi. Eutrofikasi merupakan proses pengayaan nutrisi dan bahan organik dalam perairan.

2.10 Galangan Kapal

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2006, industri galangan kapal adalah kegiatan produksi reparasi/ perbaikan kapal yang dimana berpotensi menghasilkan limbah, seperti limbah cair yang berasal dari pengecatan lambung kapal. Selain itu juga menimbulkan limbah padat yang berasal dari pemotongan plat, selain limbah cair dan padat pada industri galangan kapal yaitu menghasilkan limbah gas dan debu yang berasal dari kegiatan *sandblasting*. *Sandblasting* merupakan proses penyemprotan *abrasive* material biasanya berupa pasir silika atau *steel grit* dengan tekanan tinggi pada suatu permukaan dengan tujuan untuk menghilangkan material seperti karat, cat, garam, oli dll. Selain proses *sandblasting* di industri galangan kapal adalah *coating* atau biasa disebut dengan cat kapal.



Gambar 2.4 Proses Pengecatan Kapal

Pengecatan kapal ini berfungsi untuk melindungi bagian kapal agar terhindar dari korosi dalam jangka waktu yang cukup lama. Cat merupakan suatu produk yang berbentuk cair atau *powder* (serbuk) yang mengandung pigmen (zat warna) tanpa adanya zat *additive* (bahan tambahan). Bahan baku cat warna untuk pelapis baja dan besi yang mengandung kadmium (Cd) menjadi sumber polutan pada suatu perairan (Safitri, 2009).

Menurut Bowen (1998), pewarna cat umumnya menggunakan bahan yang

mengandung logam berat berbahaya seperti Pb, Cd, Cr dan Zn. Menurut Widowati (2008), kadmium (Cd) di atmosfer bisa berasal dari aktivitas pemberian lapisan seng pelindung untuk besi dan baja, dimana biasanya digunakan untuk menghindari karatan pada besi dan baja. Menurut Komari (2013), bahan baku yang terdapat di dalam cat merupakan logam berat kadmium (Cd) yang berfungsi sebagai pewarna (pigmen) dan pelapis yang mempermudah proses pengeringan. Menurut Safitri (2009), kadmium (Cd) yang berada pada bahan baku cat akan menjadi sumber polutan pada suatu perairan.

Hasil dari aktivitas tersebut memberikan dampak negatif terhadap kualitas perairan dan udara yang diakibatkan oleh penggunaan bahan material yang memiliki konsentrasi logam yang tinggi. Menurut Darmono (1995), pencemaran logam berat di suatu perairan dapat mengganggu ekosistem baik secara langsung maupun tidak langsung, juga dapat mengganggu biota air dan kesehatan manusia.

2.11 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi merupakan salah satu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom maupun molekul analit. Satu diantara bagian dari spektroskopi adalah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) merupakan model analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Ansori, 2005).

Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom yang menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektron suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi, dengan demikian dapat diperoleh lebih banyak energi suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energi ke tingkat eksitasi. Tingkat-tingkat eksitasinya pun bermacam-macam, spektrum atomik untuk

masing-masing unsur terdiri atas garis-garis resonansi. Garis-garis lain yang bukan garis resonansi.

Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Prinsip dasar Spektroskopi Serapan Atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel (Khopkar, 1990). Logam-logam yang mudah diuapkan seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn) dan kadmium (Cd), umumnya ditentukan pada suhu rendah sedangkan untuk unsur-unsur yang tidak mudah diamortisasi diperlukan suhu tinggi. Suhu tinggi dapat dicapai dengan menggunakan suatu oksidator bersama dengan gas pembakar, contohnya atomisasi aluminium (Al), titanium (Ti), dan berilium (Be).

Atomisasi sempurna sampai saat ini sulit dicapai, meskipun sudah banyak kombinasi bermacam-macam gas. Pada Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), panjang gelombang garis absorpsi resonansi identik dengan garis-garis emisi disebabkan keserasian transisinya. Untuk bekerja pada panjang gelombang ini diperlukan suatu monokromator celah yang menghasilkan lebar puncak sekitar 0,002-0,005 nm (Kadir, 2013).

Monokromator merupakan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Di samping sistem optik, dalam monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinu yang disebut *chopper*. Sedangkan *detector* digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengamatan. Biasanya digunakan tabung penggandaan foton (*photomultiplier tube*). Komponen SSA yang lainnya adalah *readout*. *Readout* merupakan suatu alat petunjuk atau dapat juga diartikan sebagai sistem pencatatan hasil. Pencatatan hasil dilakukan dengan suatu alat yang telah dikalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorbansi. Hasil pembaca dapat berupa angka atau berupa kurva dari suatu *record* yang menggambarkan absorbansi atau intensitas (Gandjar, 2010).