

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tempat Penyimpanan Bahan Bakar Minyak

Terminal penyimpanan bahan bakar minyak (TBBM) adalah fasilitas yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola pasokan BBM. Terminal ini biasanya terletak di dekat pelabuhan atau pusat distribusi dan dapat berukuran sangat besar (Chkara dan Seghiouer, 2020).

Di Indonesia, terminal tangki penyimpanan bahan bakar juga berperan penting dalam memfasilitasi impor dan ekspor produk minyak dan gas. Lokasi terminal yang strategis di dekat pelabuhan memungkinkan impor dan ekspor produk minyak dan gas menjadi efisien. Selain itu, terminal tangki penyimpanan bahan bakar di Indonesia berkontribusi terhadap ketahanan energi dengan menyediakan penyangga pasokan minyak dan gas. Terminal ini berfungsi sebagai fasilitas penyimpanan cadangan, yang memastikan adanya pasokan minyak dan gas yang cukup selama keadaan darurat atau gangguan pada rantai pasokan. Selain itu, terminal tangki penyimpanan bahan bakar di Indonesia berkontribusi terhadap ketahanan energi dengan menyediakan penyangga pasokan minyak dan gas. Mereka bertindak sebagai cadangan strategis, memastikan negara mempunyai cadangan bahan bakar yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan memitigasi dampak potensi gangguan pasokan (Zain dan Yudhistira, 2014).

Terminal BBM terdiri dari beberapa fasilitas dan peralatan, seperti tangki penyimpanan, pompa, pipa, dan sistem pengukuran. Fasilitas tersebut digunakan untuk mengangkut, menyimpan, dan mendistribusikan BBM kepada konsumen (Chkara dan Seghiouer, 2020).

Tangki penyimpanan adalah bagian penting dari terminal BBM. Tangki ini biasanya terbuat dari baja dan dirancang untuk menahan volume besar BBM. Terminal BBM biasanya memiliki beberapa tangki dengan kapasitas yang berbeda-beda, tergantung pada jenis BBM yang disimpan (Chkara dan Seghiouer, 2020).

Pompa digunakan untuk mengangkut BBM dari kapal tangki atau truk tangki ke dalam tangki penyimpanan. Pipa digunakan untuk menghubungkan pompa dengan tangki penyimpanan dan sistem pengukuran digunakan untuk mengukur volume BBM yang dipindahkan ke dalam tangki penyimpanan atau dari tangki penyimpanan ke truk tangki atau kapal tangki.

Terminal BBM juga dilengkapi dengan sistem keamanan yang ketat untuk mencegah kebocoran atau kecelakaan lain yang mungkin terjadi selama pengiriman dan penyimpanan BBM (Chkara dan Seghiouer, 2020).

Dalam keseluruhan, terminal BBM memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga pasokan BBM yang stabil dan aman untuk konsumen di berbagai wilayah (Chkara dan Seghiouer, 2020).

2.2. **Air Limbah**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri. Air limbah industri adalah buangan hasil proses/sisa dari suatu kegiatan/usaha yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang (Asmadi dan Suharno, 2012).

Secara global terdapat lebih dari 65.000 ladang minyak dan gas yang terletak di pesisir atau di laut. Seiring dengan meningkatnya permintaan energi, produksi minyak pun meningkat, yang pada akhirnya menghasilkan miliaran galon air limbah per tahun sebagai limbah di industri minyak dan gas (Peng et al., 2020). Secara umum, industri minyak mempunyai empat subsektor utama: (1) eksplorasi dan produksi, (2) pengolahan hidrokarbon (pengilangan dan petrokimia), (3) penyimpanan, transportasi, dan distribusi, dan (4) penjualan atau pemasaran. Di setiap bagian ini, dihasilkan air limbah minyak dalam jumlah besar yang perlu diolah. Air limbah minyak bumi dihasilkan pada operasi hulu dan hilir. Operasi hulu meliputi proses ekstraksi, transportasi, dan penyimpanan minyak mentah, sedangkan operasi hilir

mengacu pada proses penyulingan minyak mentah. Air limbah minyak bumi yang diproduksi di industri minyak diklasifikasikan menjadi dua jenis: minyak biasa dan lumpur (Hu et al., 2013).

Air limbah minyak dihasilkan dengan dua cara. Yang pertama diproduksi melalui pengolahan minyak. Karena air bukan merupakan produk akhir industri minyak, diasumsikan bahwa sekitar 80%-90% air yang digunakan di bagian ini dibuang sebagai limbah minyak. Cara kedua adalah tumpahan minyak saat ekspor atau kebocoran di anjungan minyak di laut, yang merupakan bentuk lain dari pencemaran minyak bumi. Oleh karena itu, pertumbuhan aktivitas minyak manusia dapat mempercepat emisi berbagai jenis polutan berbahaya ke lingkungan. Dengan demikian, terdapat hubungan langsung antara penggunaan dan pencemaran air permukaan, serta produksi minyak (Younis et al., 2020). Kilang minyak menghasilkan air limbah dalam jumlah besar, termasuk air dan minyak yang dihasilkan selama pengeboran. Air limbah ini umumnya mengandung senyawa bandel dan kaya akan polutan organik, yang sulit dimurnikan secara biologis. Jumlah air limbah yang dihasilkan di kilang sekitar 0,4-1,6 kali lipat dari minyak mentah olahan (Aljuboury et al., 2017).

Air limbah yang dihasilkan dalam industri minyak mencakup berbagai komponen organik dan anorganik yang dibuang ke lingkungan jika terjadi kontaminasi tanah, air bawah tanah, dan air permukaan (Peng et al., 2020). Air limbah minyak yang masuk ke ekosistem perairan dan darat yang berdekatan serta mengakumulasi hidrokarbon berbasis minyak bumi dan polutan lainnya mengancam kesehatan lingkungan serta organisme hidup dan tak hidup. Pemurnian senyawa-senyawa tersebut sangat penting karena senyawa beracun dalam air limbah minyak bumi tetap berada di lingkungan dalam waktu yang lama (Patel & Patel, 2020).

2.3. **Karakteristik Air Limbah pada Industri Perminyakan**

Sumber air limbah dapat dikategorikan menjadi dua kelompok: perumahan dan non-perumahan. Air limbah non-perumahan umumnya dibuang oleh industri seperti minyak, baja, besi, serta kegiatan pertanian dan komersial

seperti rumah sakit, restoran, dan pertokoan. Curah hujan adalah jenis lain dari air limbah non-perumahan. Perubahan gradien air limbah nonperumahan didasarkan pada sumbernya. Misalnya saja air limbah industri tekstil yang mengandung pewarna organik (Falciola et al, 2020). Secara umum, polutan air limbah mencakup tiga komponen: bahan anorganik, mikroorganisme beracun organik, dan patogen. Tiga puluh persen polutan berasal dari bahan anorganik, biasanya terdiri dari senyawa poliatomik dan logam berat, yang merupakan produk industri minyak, tekstil, baja, dan pertanian (Bora & Dutta, 2014; Inglezakis et al., 2002). Komposisi limbah dalam air limbah minyak bergantung pada kualitas minyak mentah dan kondisi operasi yang berbeda selama produksi. Di stasiun kilang minyak, minyak mentah dipecah menjadi berbagai komponen menjadi berbagai senyawa dan diubah menjadi produk yang berguna dan juga bahan non-hidrokarbon dihilangkan (Aljuboury et al., 2017).

Menurut laporan, air limbah kilang minyak mengandung 500-3000 mg/L minyak dan lemak terlarut. Selain itu, *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) masing-masing sama dengan 750-1600 dan 300-1000mg/L. Bahan organik beracun, seperti senyawa fenolik, diukur hampir 950 mg/L, dan amonia serta sulfida dilaporkan masing-masing sebesar 20-80 dan 13-17 mg/L (Djoko et al., 2020). Limbah minyak mentah terdiri dari senyawa lemak dan minyak, gas terlarut, dan hidrokarbon (Ratman et al., 2020). Tiga kelompok utama hidrokarbon minyak limbah meliputi parafin dengan sejumlah atom karbon C_1 hingga C_4 seperti metana (CH_4), etana (C_2H_6), dan propana (C_3H_8), Naftena termasuk sikloheksana (C_6H_{12}) dan dimetil siklopentana (C_7H_{14}) dan zat aromatik seperti Benzena (C_6H_6), toluena (C_7H_8) dan xilena (C_8H_{10}). Selain itu, asam naftenat merupakan salah satu kelompok senyawa dalam air limbah industri minyak yang mempunyai efek toksik dan sulit dihilangkan. Jika minyak mentah mengandung belerang dalam jumlah besar, disebut minyak mentah asam. Minyak mentah asam mungkin mengandung berbagai bahan yang terdegradasi secara lambat dan senyawa beracun (Aljuboury et al., 2017).

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi telah merumuskan batas kadar dan jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang ke lingkungan. Berikut adalah baku mutu air limbah dari beberapa subsektor industri perminyakan:

Tabel 2.1 Baku Mutu Pembuangan Air Limbah Proses dari Kegiatan Pengolahan Minyak Bumi.

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (gram/m ³)
1	BOD 5	80	80
2	COD	160	160
3	Minyak dan Lemak	20	20
4	Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	0,5	0,5
5	Amonia (sebagai Nh ₃ -N)	8	8
6	Phenol Total	0,8	0,8
7	Temperatur		45 ⁰ C
8	pH		6-9
9	Volume Air Limbah per satuan volume bahan baku maksimum	1000 m ³ per 1000 m ³ bahan baku minyak	

Tabel 2.2 Baku Mutu Pembuangan Air Limbah Drainase dan Air Pendingin Kegiatan Pengolahan Minyak Bumi.

No	Jenis Air Limbah	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1	Air Limbah Drainase	Minyak dan Lemak	15
		Karbon Organik Total	110
2	Air Pendingin	Residu Klorin	2
		Karbon Organik Total	Δ5

Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Instalasi, Depot dan Terminal Minyak.

No	Parameter	Kadar Maksimum
1	Minyak dan Lemak	25 mg/L
2	Karbon Organik Total	110 mg/L
3	pH	6-9

Limbah minyak merupakan matriks kompleks polutan organik. Limbah ini seringkali mengandung minyak dan lemak yang sangat kental sehingga menyebabkan penyumbatan dan korosi pada pipa drainase serta menimbulkan bau yang tidak sedap. Selain itu, senyawa fenolik merupakan zat berbahaya lainnya yang mengancam lingkungan karena toksisitasnya yang parah bahkan dalam dosis rendah, dan juga memiliki kemampuan untuk bertahan dalam waktu yang lama (El-naas et al., 2010).

2.3.1. Sumber Air Limbah pada TBBM

Selain air limbah domestik dari kegiatan penunjang TBBM, jenis air limbah yang umum terdapat di hampir semua terminal adalah air dasar tangki (*tank bottom water*), air limbah penampung tumpahan (*spill containment wastewater*) dan air hujan. Jenis air limbah lainnya juga dapat dihasilkan, bergantung pada sifat pengoperasian terminal (Klock, 1994).

a) Air Dasar Tangki (*Tank Bottom Water*)

Meskipun tidak diproduksi dalam volume besar, air dasar tangki hampir selalu menjadi sumber utama kontaminan terlarut, khususnya kontaminan organik, di terminal. Air yang terkumpul di dasar tangki produk minyak bumi berasal dari pengiriman bersama produk, dari pernapasan tangki dan kondensasi uap air di udara, dan dari air hujan yang melewati segel atap terapung (*floating roof seal*). Secara umum, keluaran air dalam tangki penyimpanan jauh lebih sedikit dibandingkan keluaran produk, sehingga air dapat menjadi sangat pekat dengan bahan-bahan yang larut dalam air di dalam produk. Beberapa nilai khas konsentrasi kontaminan dasar tangki ditunjukkan pada Tabel 2.4 (Klock, 1994).

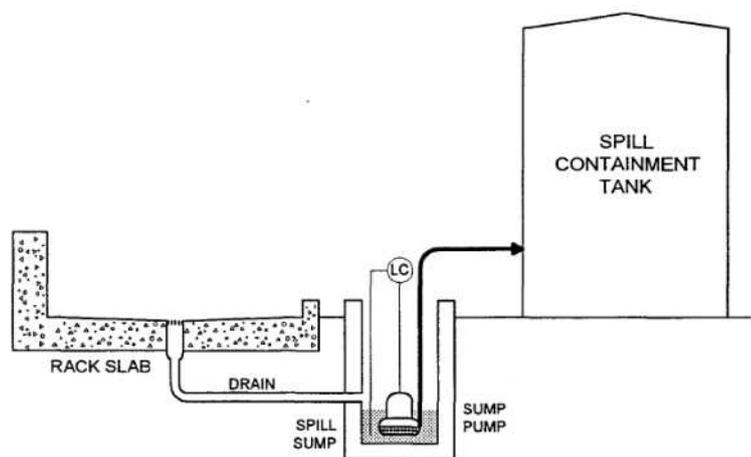
Tabel 2.4 Nilai Konsentrasi Kontaminan Khas pada Air Dasar Tangki (Klock, 1994)

Kontaminan	Satuan	Air Dasar Tangki Bensin (Gasoline)			Air Dasar Tangki Solar (Diesel)			Air Limbah TBBM (dari 4 Terminal di Gulf Coast, Texaco)		
		Rata-rata	Maks.	Min.	Rata-rata	Maks.	Min.	Rata-rata	Maks.	Min.
BOD	ppm	4369	7177	1961	1305	1617	992	1412	2600	570
COD	ppm	27778	58000	8075	8688	9175	8200	3935	6000	1700
TOC	ppm	5936	12760	2741	1786	2381	1191	999	1980	290
Minyak & Lemak	ppm							100	240	25
TPH	ppm							42	250	2
Amonia	ppm	1650	4300	16	1635	2500	770	22.7	116	0.1
Benzene	ppm							5.3	11	0.8
Toluene	ppm							9.3	19	0.11
Xylene	ppm							5.6	14	0.011
Ethyl Benzene	ppb							2397	6200	180
MTBE	ppm							105	290	8.2
Metanol	ppm							143	630	<1
Etanol	ppm							4	12	<1
Fenol	ppm							0	52	0.4
2,4 Dimethyl Phenol	ppb							603	1300	97
MBAS	ppm							6.1	16.2	1.1
CTAS	ppm							5.4	14	0.2
TSS	ppm							195	768	45
TDS	ppm							1893	3660	646
Konduktifitas	ppm							2260	4000	1013
Sulfida	ppm							<0.5	2	<0.01
Sianida	ppm							<0.01	<0.01	<0.005
Arsenik	ppb	6073	20794	381	101	195	6	167	430	28
Kadmium	ppb		<3	<3	<3	<3	<3		14	<5
Kromium (Cr)	ppb		62	<5		<5			90	<10

Kontaminan	Satuan	Air Dasar Tangki Bensin (Gasoline)			Air Dasar Tangki Solar (Diesel)			Air Limbah TBBM (dari 4 Terminal di Gulf Coast, Texaco)		
		Rata-rata	Maks.	Min.	Rata-rata	Maks.	Min.	Rata-rata	Maks.	Min.
Tembaga (<i>Copper</i>)	ppb	3576	8028	179	1478	2235	720		550	<20
Timah (<i>Lead</i>)	ppb		1669	<1		<1			550	<60
Merkuri	ppb		1	<0.2		<0.2				
Nikel	ppb	345	779	30	66	100	31			
Seng (Zn)	ppb	2153	9696	126	246	445	47	492	1700	20

b) Air Limbah Penampung Tumpahan (*Spill Containment Wastewater*)

Air limbah penahan tumpahan berarti, dalam konteks ini, air yang dikumpulkan dalam sistem yang dirancang untuk menangani tumpahan kecil pada produk. Mungkin contoh yang paling umum adalah sistem pengumpulan dan penyimpanan yang dipasang di rak pemuatan kereta api atau truk. Dalam sistem ini, tanah dinilai untuk menyalurkan cairan apa pun di permukaan ke saluran pembuangan yang terhubung ke tangki, baik saluran gravitasi langsung ke tangki bawah tanah, atau transfer pompa ke tangki di atas tanah seperti pada Gambar 2.1. Berdasarkan sifat dari sistem ini, air yang jatuh ke area drainase, baik sebagai air hujan maupun air cucian, dikumpulkan bersama dengan tumpahan atau tetesan apa pun dari operasi bongkar muat. Meskipun air belum tentu mengandung kontaminan terlarut dalam konsentrasi tinggi (kecuali deterjen digunakan untuk pembersihan, atau produk dengan bahan tambahan yang larut dalam air tumpah), air harus ditangani sebagai air yang terkontaminasi (karena biasanya terdapat minyak), dan diolah sebelum dibuang (Klock, 1994).



Gambar 2.1 Penampung Tumpahan di Permukaan (Klock, 1994)

c) Air Hujan

Pada dasarnya semua tangki yang digunakan untuk produk turunan hidrokarbon memiliki penutup untuk mencegah hilangnya produk dan polusi udara; penutup ini juga mencegah sebagian besar air hujan yang

jatuh ke tangki keluar dari tangki. Apabila tangki mempunyai penutup yang rapat maka intrusi air hujan tidak akan terjadi. Bahkan penutup tetap yang tidak rapat, seperti penutup kubah geodesik, akan mencegah sebagian besar hujan masuk ke dalam tangki.

Namun, atap terapung, jika digunakan tanpa atap tetap, dapat menyebabkan intrusi air hujan, karena segel atap terapung tidak rapat sempurna dan sebagian besar air hujan mengenai tangki bagian dalam yang terbuka dapat mengalir ke bawah dinding dan melewati segel atap ke dalam tangki. Tentu saja, jumlah air dasar tangki yang timbul dari sumber ini bergantung pada jumlah curah hujan setempat dan kondisi segelnya. Faktor lainnya adalah kondisi roof drain yang digunakan untuk mengalirkan air hujan dari *floating roof*. Umumnya, atap memiliki *low point drain* yang dihubungkan dengan saluran fleksibel (untuk mengakomodasi pergerakan ke atas dan ke bawah) di dalam tangki, dan kemudian ke nosel pembuangan di sisi tangki. Jika saluran pembuangan tersumbat, misalnya karena puing-puing atau dedaunan yang tertiuip ke bagian atas tangki, air hujan dapat menumpuk di atap dan meluap ke penutup atap dengan kecepatan yang sangat tinggi, atau atap dapat tenggelam karena berat air yang terakumulasi. Jika katup nosel pembuangan atap tetap tertutup, dan saluran pembuangan mengalami kebocoran, maka air hujan dapat masuk ke tangki melalui kebocoran tersebut (yang lebih serius lagi, produk dapat keluar dari tangki melalui kebocoran ketika katup nosel pembuangan dibuka). Yang terakhir, kebocoran pada atap, khususnya pada bagian sambungan dan fitting, jelas dapat menyebabkan masuknya air hujan (Klock, 1994).

Air hujan sebaiknya tidak tercampur dengan air dasar tangki karena akan memperberat kinerja dari pengolah limbah (Klock, 1994).

2.3.2. Kontaminan dalam Aliran Air Limbah TBBM

a) Kontaminan Terlarut dari Produk Turunan Hidrokarbon.

Sebagian besar karakteristik kontaminan yang ditemukan dalam air limbah terminal produk minyak bumi berasal dari produk itu sendiri.

Tingkat perpindahan kontaminan dari produk bergantung pada sifat kontaminan, yaitu kelarutan relatif dalam air dan hidrokarbon, dan sampai batas tertentu, pada konsentrasi kontaminan dalam produk dan keluaran relatif dari produk. Kontaminan terlarut dari produk turunan hidrokarbon terbagi menjadi 3 kategori, yaitu kontaminan yang terbatas pada saturasi, kontaminan diekstraksi dan kontaminan dari kontak air dan hidrokarbon (Klock, 1994).

Kontaminan yang Terbatas pada Saturasi

Kategori kontaminan pertama, saturasi terbatas, mencakup bahan-bahan yang terdapat pada konsentrasi yang relatif tinggi dalam produk, dan memiliki kelarutan terbatas dalam air. Ketika air bersentuhan dengan produk, air dapat menjadi jenuh dengan bahan-bahan di kelas ini, yang merupakan unsur utama produk hidrokarbon. Kontaminan yang terkait dengan hidrokarbon terlarut adalah fraksi minyak & lemak terlarut dan TPH, BTEX, serta bagian dari BOD, COD, dan TOC. Berdasarkan sifat dari kategori ini, air apa pun yang bersentuhan dengan produk tertentu akan cenderung memiliki konsentrasi kontaminan terbatas saturasi yang sama, berapa pun jumlah relatif air dan produknya.

Kontaminan Diekstraksi

Kategori kontaminan yang kedua, kontaminan yang diekstraksi, adalah bahan-bahan yang biasanya merupakan komponen kecil dari produk, dan agak larut dalam produk dan air.

Kontaminan dalam kategori ini adalah fenol, asam naftenat, dan sebagian besar BOD, COD, dan TOC dalam air dasar tangki. Kontaminan yang diekstraksi akan terpartisi antara fase hidrokarbon dan fase air sebagai fungsi dari koefisien partisi (pada dasarnya, rasio konsentrasi dalam dua fase), dan jumlah relatif dari fase tersebut. Karena bahan-bahan ini merupakan komponen kecil dari produk, konsentrasinya dalam produk dapat dikurangi dengan ekstraksi ke dalam air.

Kontaminan dari Kontak Air dengan Hidrokarbon

Beberapa kontaminan yang ditemukan dalam air kontak produk diperkirakan tidak dapat larut dalam produk: amonia, logam, TDS, dan padatan tersuspensi. Untuk kontaminan ini, kemungkinan besar sumbernya adalah tetesan air yang terkontaminasi pada produk yang dikirimkan. Sumber utama air yang terkontaminasi tidak diketahui; kemungkinannya termasuk kilang dan sistem transportasi.

b) Kontaminan Terlarut dari Sumber Lainnya

Sumber kontaminan terlarut non-produk yang paling signifikan adalah berbagai jenis bahan kimia yang dibeli. Mungkin bahan yang paling umum adalah deterjen, yang digunakan untuk membersihkan berbagai peralatan di terminal. Contoh lainnya adalah antibeku dan minyak rem dari operasi perawatan kendaraan, dan bahan kimia pengolahan air boiler. Terminal yang menerima air balas akan mengandung kontaminan (misalnya garam dari air laut) dari sumber air aslinya. Terminal yang operasinya lebih dari sekadar pemindahan dan penyimpanan produk, seperti operasi pencampuran pelumas, laboratorium analitik, dan manufaktur bahan kimia, jelas dapat menghasilkan volume air limbah yang signifikan dan kontaminasi dari sumber-sumber ini.

c) Kontaminan yang Khas pada Air Limbah TBBM

- Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak, diukur dengan teknik standar (ekstraksi dengan Freon atau pelarut lain dari sampel air yang diasamkan, diikuti dengan penguapan pelarut dan penimbangan residu), memiliki dua komponen. Komponen pertama adalah minyak "asli" atau "bebas", bahan tidak larut yang tersuspensi di dalam, atau mengapung di atas air. Komponen kedua adalah bahan yang larut dalam air yang dapat diekstraksi dengan Freon dari sampel yang diasamkan, dan dapat mencakup asam organik dan senyawa sulfur anorganik (yang diubah menjadi unsur sulfur yang larut dalam Freon melalui pengasaman). Pada uji minyak dan lemak standar "gravimetri", komponen bensin di

dalam air tidak akan terdeteksi, karena akan menguap bersama Freon. Dalam variasi "IR" pada metode standar, Freon yang tidak diuapkan dikenai spektroskopi inframerah, dan kandungan minyak ditentukan oleh ukuran puncak yang merupakan karakteristik hidrokarbon; metode ini mengukur komponen bensin, tetapi tidak mengukur unsur belerang. Sebagai bagian dari industri minyak, hampir semua terminal produk minyak bumi mempunyai batasan minyak dan lemak dalam izin pembuangannya.

- ***Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)***

Uji *Total Petroleum Hydrocarbons* (TPH) dimaksudkan untuk mengukur secara spesifik hidrokarbon, komponen utama produk minyak bumi. Saat ini, ini bukan tes EPA standar, dan beberapa metode analisis disebut TPH. Metode mana (jika ada) yang digunakan bergantung pada badan pengatur negara bagian atau lokal yang memberlakukan peraturan tersebut. Salah satu metode TPH adalah varian uji minyak dan lemak, di mana ekstrak Freon dilewatkan melalui kolom silika gel untuk menghilangkan unsur non-hidrokarbon (silika gel memiliki afinitas tinggi terhadap unsur "polar", tetapi sedikit untuk hidrokarbon nonpolar). Setelah pengolahan silika gel, Freon diperlakukan seperti pada uji minyak dan lemak: diuapkan atau dikenai spektroskopi IR. Metode TPH lainnya melibatkan analisis kromatografi gas Freon, dan mengintegrasikan puncak hidrokarbon untuk mendapatkan konsentrasi total hidrokarbon. Karena kromatografi gas memisahkan komponen dalam keadaan uapnya, metode ini hanya berguna untuk mengukur hidrokarbon yang lebih ringan (misalnya bensin dan solar).

- ***Biochemical Oxygen Demand (BOD)***

Kebutuhan oksigen biokimia (BOD), merupakan ukuran berapa banyak oksigen yang akan dikonsumsi dalam air penerima sebagai akibat dari pembuangan air limbah. Hal ini menjadi perhatian peraturan karena hewan air membutuhkan oksigen terlarut untuk

bertahan hidup. Pengujian dilakukan dengan mengencerkan sampel dengan air jenuh oksigen, menginokulasi sampel dengan bakteri (“kultur benih”), mengukur kadar oksigen terlarut, menginkubasi (menahan pada suhu terkontrol) sampel yang disegel selama lima hari, dan mengukur zat terlarut. oksigen lagi. Konsumsi oksigen dan rasio pengenceran digunakan untuk menghitung BOD. BOD adalah ukuran konsentrasi bahan organik yang dapat terbiodegradasi (BOD berkarbon, atau CBOD). Jika sampel mengandung amonia, dan kultur benih mengandung bakteri yang mampu melakukan nitrifikasi amonia (mengubahnya menjadi nitrat), maka BOD nitrogen juga dapat diukur. Jika diinginkan hanya untuk mengukur BOD karbon, inhibitor nitrifikasi dapat ditambahkan ke sampel sebelum analisis.

- ***Chemical Oxygen Demand (COD)***

Kebutuhan oksigen kimiawi (COD) mirip dengan BOD (keduanya dinyatakan dalam miligram serapan oksigen per liter sampel), tetapi menggunakan zat pengoksidasi kimia yang kuat (*acidified dichromate*) dan bukan bakteri pemakan oksigen. Karena menggunakan oksidan yang lebih kuat, COD suatu sampel biasanya jauh lebih tinggi daripada BOD. Uji COD memiliki keuntungan karena lebih sederhana, lebih murah, dan lebih cepat dijalankan dibandingkan uji BOD; tersedia sistem pengujian yang telah dikemas sebelumnya yang dapat dijalankan dengan andal oleh personel non-teknis. Berbeda dengan uji BOD, COD tidak mengukur amonia. Namun, dalam sampel dengan kadar klorida tinggi (misalnya, air yang mengandung air laut), maka pembacaan yang salah dapat diperoleh karena sebagian klorida dioksidasi menjadi klorin.

- ***Total Organic Carbon (TOC)***

Karbon organik total (TOC) dibedakan dari karbon anorganik, yaitu berbagai bentuk karbon dioksida: asam karbonat, bikarbonat, dan karbonat. TOC merupakan indikator yang baik untuk mengetahui jumlah total kontaminan organik terlarut, meskipun bukan merupakan

indikator langsung dari bahan organik berbahaya, yang ditentukan melalui uji kimia tertentu. Secara umum, TOC dalam air limbah TBBM timbul dari ekstraksi bahan yang larut dalam air dari produk.

- **Amonia**

Amonia (NH_3) adalah produk sampingan penyulingan minyak yang sangat larut dalam air yang mungkin terbawa sebagai tetesan air yang terkontaminasi dalam aliran produk penyulingan. Amonia pada dasarnya tidak berbahaya bagi tumbuhan dan hewan darat, namun beracun bagi hewan air jika konsentrasinya tinggi.

- **pH, Acidity, Alkalinity**

pH adalah ukuran sifat asam atau basa air. Ini didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen (H^+) dan berkisar dari <1 untuk air yang sangat asam (misalnya, larutan asam sulfat kuat) hingga > 14 untuk air yang sangat basa (misalnya larutan kaustik kuat), dengan pH netral menjadi 7,0. Nilai pH asam dan basa harus dibedakan dari keasaman dan alkalinitas, yang mengukur berapa banyak asam atau basa yang ada, yang ditentukan oleh jumlah basa atau asam yang diperlukan untuk membuat sampel netral. Contohnya, suatu sampel dapat memiliki pH yang cukup asam (misalnya 6,0), namun masih memiliki tingkat keasaman yang sangat tinggi. pH mempunyai pengaruh yang kuat terhadap banyak reaksi kimia dalam air, dan juga pada kehidupan akuatik. Sebagai aturan umum, pH pada kisaran 6-9 dapat diterima untuk pembuangan air limbah. Perlu dicatat bahwa pH air hujan yang tidak terkontaminasi bisa lebih asam daripada pH 6 akibat pelarutan karbon dioksida di atmosfer.

- ***Total Suspended Solid (TSS) dan Volatile/Non-Volatile Suspended Solid***

Total padatan tersuspensi (TSS) adalah ukuran jumlah padatan terlarut dalam air. Hal ini diukur secara langsung dengan menyaring sejumlah air yang diketahui, dan menimbang padatan (setelah pengeringan) yang dikumpulkan pada kertas saring. Meskipun tidak secara

langsung membahayakan kehidupan akuatik, hal ini biasanya dikendalikan sebagai gangguan estetika, dan sebagai indikator kinerja pengolahan air limbah. Padatan tersuspensi dapat berupa anorganik (misalnya partikel lanau atau tanah liat) atau organik (bakteri, sisa tanaman, minyak). Untuk membedakannya, padatan yang disaring dibakar dalam tungku, dan berat residu abu adalah padatan tersuspensi yang tidak mudah menguap (NVSS, anorganik). Jumlah berat yang hilang dalam pembakaran adalah padatan tersuspensi yang mudah menguap (VSS, organik).

- ***Total Dissolved Solid (TDS)***

Total padatan terlarut (TDS) adalah jumlah residu tertimbang yang tersisa ketika air yang disaring diuapkan hingga kering. Umumnya digunakan sebagai indikasi kandungan garam anorganik, namun juga mencakup bahan organik terlarut dan tidak mudah menguap. Hal ini terkait dengan konduktivitas listrik (dinyatakan dalam satuan listrik, $\mu\text{mho/cm}$), karena garam pada umumnya bersifat konduktif listrik. Namun, dari kedua istilah tersebut, TDS adalah ukuran kuantitatif yang lebih baik untuk mengetahui kandungan garam sebenarnya. TDS dapat muncul di air dasar tangki baik karena terbawa dalam tetesan air aliran produk kilang, atau sebagai akibat kontak air asin dengan produk (misalnya, air laut dalam produk yang dikirim melalui transportasi laut).

- **Sulfida**

Sulfida adalah istilah umum untuk tiga bentuk sulfida terlarut: hidrogen sulfida (H_2S), bi sulfida (HS^-), dan sulfida (S^-). Sulfida diproduksi sebagai produk sampingan dari penyulingan minyak, dan juga mudah dibentuk oleh aksi bakteri anaerobik dengan adanya sulfat (konstituen air biasa). Sulfida sangat beracun bagi kehidupan darat dan perairan.

- **Fenol**

Fenol adalah turunan dari senyawa induk yang umum, fenol, juga dikenal sebagai asam karbol, atau hidroksibenzena. Fenol terbentuk selama proses pemurnian (khususnya *cracking*) yang digunakan untuk membuat bensin, dan karena larut dalam hidrokarbon dan air, umumnya ditemukan dalam air yang bersentuhan dengan bensin. Meskipun fenol agak beracun bagi kehidupan akuatik, efek buruk utamanya ditemukan ketika fenol diklorinasi dalam pengolahan air minum: klorofenol sangat berbau dan rasanya tidak enak. Fenol sendiri dan senyawa fenolik (“fenol”) memiliki metode pengujiannya masing-masing. Fenol sederhana biasanya ditentukan dengan kromatografi gas, sedangkan senyawa fenolik ditentukan dengan metode standar regulasi, yang dikenal sebagai uji antipirin 4-amino.

- **Asam Naftenat**

Asam naftenat adalah keluarga asam organik yang larut dalam air (turunan sikloparafinat dari asam asetat, atau cuka) yang secara alami ditemukan dalam minyak mentah dan produk olahan. Senyawa ini beracun bagi kehidupan akuatik.

- **Aromatik: Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes**

Bahan-bahan ini, yang dikenal secara kolektif sebagai BTEX, semuanya merupakan turunan sederhana dari benzena, dan semuanya merupakan unsur normal dari minyak mentah dan bensin. Dikenal secara kimia sebagai aromatik, bahan ini lebih larut dalam air dibandingkan parafin (bahan utama bensin lainnya), dan umumnya dianggap lebih berbahaya bagi kehidupan akuatik dan darat.

- **Hidrokarbon Non-Aromatik Ringan**

Hidrokarbon non-aromatik ringan adalah hidrokarbon parafin, olefin, dan sikloparafin dengan 5 - 9 atom karbon. Semuanya adalah unsur utama (bersama dengan aromatik) dari bensin, dan sedikit larut dalam air. Tidak ada metode pengujian standar untuk bahan-bahan ini (kecuali sebagai unsur minyak & lemak non-gravimetri atau TPH).

- **Eter dan Alkohol**

Oksigenat adalah bahan kimia yang ditambahkan ke bensin untuk meningkatkan oktannya dan mengurangi jenis emisi udara tertentu pada mobil. Bahan kimia ini tidak dihasilkan dari penyulingan minyak, namun dibuat melalui proses petrokimia atau melalui fermentasi (etanol). Karena senyawa ini jauh lebih polar (mengandung daerah dengan kerapatan muatan listrik yang berlawanan) dibandingkan hidrokarbon, senyawa ini lebih mudah larut dalam air (alkohol sederhana, metanol, etanol, dan propanol, sangat larut dalam air, dan t-butyl alkohol sangat mudah larut dalam air). Eter adalah turunan alkohol; yang terdapat pada bensin biasanya adalah metil t-butyl eter (MTBE), etil t-butyl eter (ETBE), dan t-amil metil eter (TAME).

- **Surfaktan**

Surfaktan (zat aktif permukaan) adalah bahan yang terakumulasi pada antarmuka fasa sebagai akibat dari sifat gandanya: sebagian molekul larut dalam minyak dan sebagian lagi larut dalam air. Surfaktan adalah bahan yang sangat umum: sabun dan deterjen rumah tangga adalah kelas terbesar dari bahan-bahan tersebut. Surfaktan menstabilkan emulsi minyak/air, sehingga menghambat pemisahan minyak, dan juga dikenal sebagai racun. Sumber umum surfaktan dalam air limbah terminal adalah asam naftenat (lihat di atas), deterjen yang dibeli untuk tujuan pembersihan, dan bahan tambahan bahan bakar.

Selain itu, pengujian busa api dapat mengakibatkan kontaminasi air limbah oleh surfaktan bahan pembusa.

- **Logam**

Logam-logam yang menimbulkan masalah lingkungan (logam "beracun" atau "berat") tidak ditemukan dalam konsentrasi tinggi dalam air limbah terminal produk minyak bumi, dan sebagian besar tidak ditemukan sama sekali. Bahan-bahan yang mungkin ada di

beberapa air limbah terminal pada tingkat yang mengkhawatirkan termasuk timbal, arsenik, tembaga, dan seng.

Meskipun semakin jarang terjadi karena penghentian penggunaan bensin bertimbal, pada suatu waktu sebagian besar terminal menangani bensin dengan bahan tambahan peningkat oktan, tetraetil timbal. Bahan organo-logam ini tidak larut dalam air, namun seiring berjalannya waktu dapat terdegradasi menjadi bentuk anorganik, timbal oksida (PbO), dan larut dalam jumlah kecil dalam air dasar tangki.

- **Toksisitas**

Toksisitas bukanlah suatu bahan atau material, melainkan suatu sifat air yang dihasilkan dari adanya bahan-bahan beracun (zat beracun). Toksisitas air limbah mengacu pada efek racun pada hewan air (terkadang, tanaman air seperti alga) yang diukur dalam bioassay. Bioassay adalah uji toksisitas perairan yang melibatkan paparan sekelompok hewan uji ke air yang diuji (pada berbagai pengenceran dengan air bersih) dalam kondisi tertentu dan untuk waktu tertentu, serta mengamati efeknya. Dampak (titik akhir) yang diamati meliputi kematian (kematian dan kelangsungan hidup adalah istilah yang terkait), pertumbuhan (peningkatan bobot tubuh hewan), dan reproduksi (atau fekunditas, jumlah keturunan dari hewan uji).

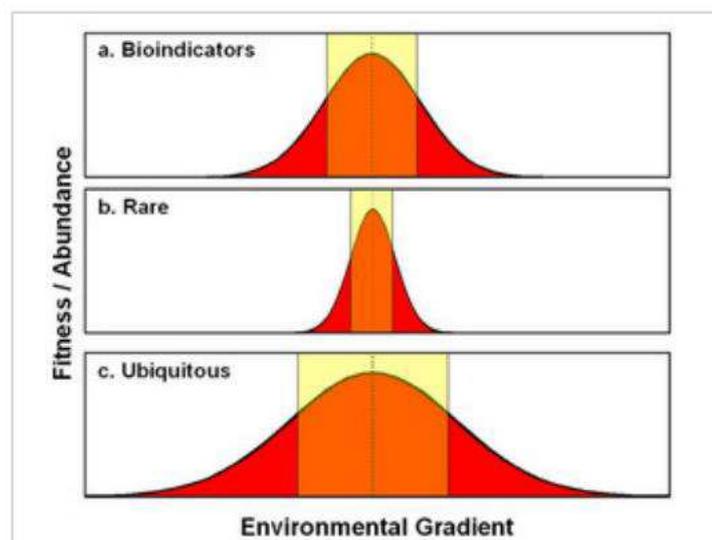
2.4. **Bio Indikator Penurunan Kualitas Air Laut**

Holt dan Miller (2010) menyatakan bahwa bioindikator dapat digunakan untuk melihat pengaruh dari polutan terhadap komponen biotik, dimana hal tersebut tidak dapat dilakukan dengan pengukuran fisika dan kimiawi. Kondisi lingkungan suatu perairan dapat berpengaruh terhadap komposisi jenis, kelimpahan dan distribusi plankton yang terdapat didalamnya.

Bioindikator mencakup proses biologis, spesies, atau komunitas dan digunakan untuk menilai kualitas lingkungan dan perubahannya seiring berjalannya waktu. Perubahan lingkungan sering dikaitkan dengan gangguan antropogenik (misalnya polusi, perubahan penggunaan lahan) atau penyebab

stres alami (misalnya kekeringan, pembekuan di akhir musim semi), meskipun penyebab stres antropogenik merupakan fokus utama penelitian bioindikator. Perkembangan dan penerapan bioindikator secara luas telah terjadi terutama sejak tahun 1960an. Selama bertahun-tahun, penelitian telah memperluas daftar bioindikator untuk membantu mempelajari semua jenis lingkungan (yaitu perairan dan darat), dengan menggunakan semua kelompok taksonomi utama.

Namun, tidak semua proses biologis, spesies, atau komunitas dapat berfungsi sebagai bioindikator yang berhasil. Faktor fisik, kimia, dan biologis (misalnya substrat, cahaya, suhu, persaingan) bervariasi antar lingkungan. Seiring berjalannya waktu, populasi mengembangkan strategi untuk memaksimalkan pertumbuhan dan reproduksi (yaitu kebugaran) dalam rentang faktor lingkungan tertentu. Di luar kisaran optimal atau toleransi lingkungan seseorang, fisiologi dan/atau perilakunya mungkin terkena dampak negatif, sehingga mengurangi kebugarannya secara keseluruhan (Gambar 2.2).

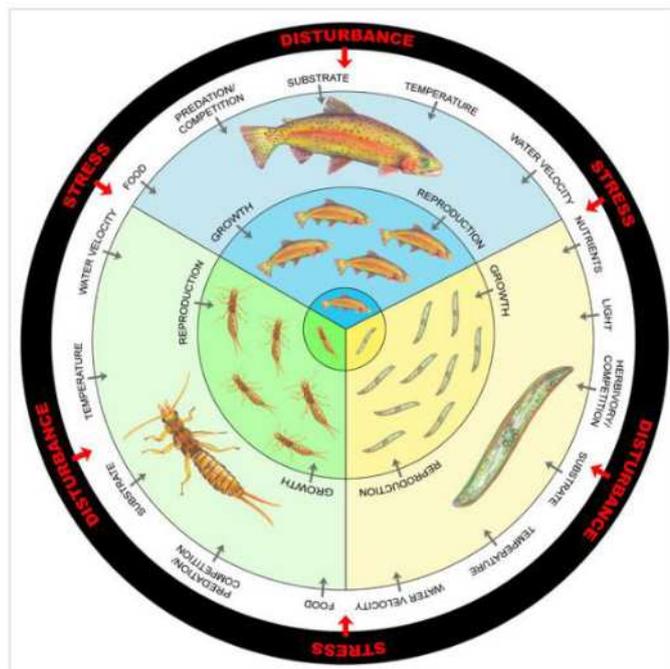


Gambar 2.2 Perbandingan toleransi lingkungan terhadap (a) bioindikator, (b) spesies langka, dan (c) spesies yang ada di mana-mana (Sumber: Holt & Miller, 2010)

Area merah mewakili bagian dari gradien lingkungan (misalnya ketersediaan cahaya, tingkat nitrogen) di mana suatu individu, spesies, atau komunitas memiliki kesesuaian atau kelimpahan lebih besar dari nol. Garis putus-putus

mewakili kinerja puncak sepanjang gradien lingkungan tertentu, sedangkan kotak kuning mencakup rentang atau toleransi optimal. Bioindikator memiliki toleransi yang moderat terhadap variabilitas lingkungan, dibandingkan dengan spesies langka dan ada di mana-mana.

Toleransi ini memberi mereka kepekaan untuk menunjukkan perubahan lingkungan, namun juga ketahanan untuk menahan beberapa variabilitas dan mencerminkan respons biotik secara umum. Berkurangnya kebugaran selanjutnya dapat mengganggu dinamika populasi dan mengubah komunitas secara keseluruhan (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Diagram tingkat hierarki suatu ekosistem yang merespons gangguan antropogenik atau tekanan alam (Sumber: Holt & Miller, 2010)

Lingkaran putih variabel lingkungan mencakup faktor-faktor yang dapat diubah secara langsung oleh gangguan atau stres. Perubahan-perubahan ini selanjutnya dapat mempengaruhi organisme individu, populasi, atau komunitas secara keseluruhan. Cincin berwarna paling luar melambangkan organisme individu (ikan trout kejam, *Pteronarcys* Salmonfly, *Phaedoactylum* diatom), cincin berwarna tengah melambangkan populasi organisme tersebut, dan cincin berwarna paling dalam melambangkan

komunitas tempat ketiga spesies hidup berdampingan. Gangguan dan stres dapat berdampak positif atau negatif terhadap sumber daya energi (misalnya makanan, cahaya), interaksi biotik (misalnya kompetisi, predasi, herbivora), dan fisik (misalnya kecepatan air, substrat tempat organisme menempel, kegunaannya sebagai tempat berlindung, bertelur), atau lingkungan kimia (misalnya nutrisi). Perubahan lingkungan ini dapat meningkatkan atau menurunkan pertumbuhan dan reproduksi suatu organisme, sehingga berdampak pada ukuran dan produktivitas populasi serta interaksi dengan spesies lain dalam komunitas.

Spesies bioindikator secara efektif menunjukkan kondisi lingkungan karena toleransinya yang moderat terhadap variabilitas lingkungan (Gambar 1). Sebaliknya, spesies langka (atau kumpulan spesies) dengan toleransi sempit seringkali terlalu sensitif terhadap perubahan lingkungan, atau terlalu jarang ditemui, sehingga tidak dapat mencerminkan respons biotik secara umum. Demikian pula, spesies (atau kumpulan spesies) yang ada dimana-mana dengan toleransi yang sangat luas kurang sensitif terhadap perubahan lingkungan yang dapat mengganggu komunitas lainnya. Namun penggunaan bioindikator tidak hanya terbatas pada satu spesies dengan toleransi lingkungan yang terbatas. Seluruh komunitas, yang mencakup berbagai toleransi lingkungan, dapat berfungsi sebagai bioindikator dan mewakili berbagai sumber data untuk menilai kondisi lingkungan dalam pendekatan “indeks biotik” atau “multimetri”.

2.4.1. Plankton

Nama Plankton berasal dari akar kata Yunani "planet" yang berarti pengembara. Istilah plankton pertama kali ditetapkan untuk organisme dilaut oleh Victor Hensen direktur Ekspedisi Jerman pada tahun 1889, yang dikenal dengan "*Plankton Expedition*" yang khusus dibiayai untuk menentukan dan membuat sistematika organisme laut. Secara sederhana plankton diartikan sebagai hewan dan tumbuhan renik yang hanyut dilaut. Plankton merupakan kelompok biota akuatik baik hewan (zooplankton) atau tumbuhan

(fitoplankton) yang pergerakannya selalu dipengaruhi arus dan umumnya berukuran mikroskopis (Notji, 2008).

Plankton adalah organisme yang memiliki beragam habitat, ada beberapa jenis plankton yang bisa hidup di perairan tercemar dimana plankton jenis lain tidak bisa hidup, dan ada jenis plankton yang hanya bisa hidup jika kondisi perairan masih tergolong baik. Pada saat kondisi perairan menurun karena terjadinya pencemaran, maka jenis plankton yang hanya bisa hidup di lingkungan perairan tergolong baik tidak akan bisa hidup. Hal ini menyebabkan pada perairan yang tercemar sangat mungkin terjadi dominasi oleh jenis-jenis plankton tertentu, sehingga dengan mengamati jenis plankton yang bisa bertahan hidup di perairan tercemar bisa menggunakan plankton sebagai bioindikator pencemaran air (Kurniawan, 2011).

Fitoplankton mempunyai fungsi penting di laut, karena bersifat autotrofik, yakni dapat menghasilkan sendiri bahan organik menjadi makanannya. Selain itu, fitoplankton juga mampu melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan bahan organik karena mengandung klorofil. Karena kemampuannya ini fitoplankton disebut sebagai primer produser. Bahan organik yang diproduksi fitoplankton menjadi sumber energi untuk menjalankan segala fungsi faalnya. Tetapi, disamping itu energi yang terkandung didalam fitoplankton dialirkan melalui rantai makanan. Seluruh hewan laut seperti udang, ikan, cumi-cumi sampai ikan paus yang berukuran raksasa bergantung pada fitoplankton baik secara langsung atau tidak langsung melalui rantai makanan (Muskanonfolo, 2014).

Klasifikasi Fitoplankton berdasarkan bentuknya dibagi menjadi dua yaitu:

1. Diatom (*Bacillariophyceae*)

Diatom merupakan alga uniseluler yang memiliki dinding mirip gelas yang unik terbuat dari silica terhidrasi dan tertanam dalam matriks organik. Diatom ini terbagi menjadi dua ordo yaitu Centrales (cebric diatom) dan Pennales (pennate diatom) diatom cebric memiliki ciri bentuk sel simetri radial dengan satu titik pusat, sedangkan diatom penat memiliki bentuk sel

simetri bilateral yang umumnya memanjang berbentuk digmoid seperti huruf "S" (Campbell dan Reece, 2012).

2. Dinoflagellata (*Dinophyceae*)

Dinoflagellata memiliki karatenoid, pigmen yang paling umum ditemukan didalam plastid Dinoflagellata. Berdasarkan kebiasaan hidupnya dan lokasi flagelnya, Dinoflagellata dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu desmokontae dan dinokontae. Pada desmokontae, terdapat dua flagella yang semuanya berlokasi pada ujung anterior sel. Pada kelompok dinokontae, kedua flagellanya berada pada lokasi berbeda yaitu flagellanya transversal dan flagella longitudinal. Dinding sel pada dinoflagellata berupa dinding selulosa yang tebal dan kuat seperti pelat-pelat perisai yang melindungi sel. Pelat perisai ini merupakan hal penting untuk identifikasi jenis dinoflagellata (Campbell dan Reece, 2012).

2.4.2. Zooplankton

Zooplankton disebut juga plankton hewani, karena hewan yang hidupnya mengapung, atau melayang dalam laut. Kemampuan renangnya sangat terbatas sehingga keberadaannya sangat ditentukan kemana arus membawanya. Zooplankton bersifat heterotrofik, yang maksudnya tidak dapat memproduksi sendiri bahan organik dari bahan anorganik. Oleh karena itu, untuk kelangsungan hidupnya sangat bergantung pada bahan organik dari fitoplankton yang menjadi makanannya. Jadi zooplankton lebih berfungsi sebagai konsumen (*consumer*) bahan organik. Ukurannya yang paling umum berkisar 0,2-2 mm, tetapi ada juga yang berukuran besar misalnya ubur-ubur yang bisa berukuran sampai lebih satu meter. Kelompok yang paling umum ditemui antara lain: kopepod (*Copepod*), eufausid (*Euphausid*), misid (*Mysid*), amfipod (*Amphipod*), kaetognat (*Chaetognath*) (Putri, 2016).

Zooplankton dapat dijumpai mulai dari perairan pantai, perairan estuari di depan muara sampai ke perairan di tengah Samudra dari perairan tropis hingga ke perairan kutub. Zooplankton ada yang hidup di permukaan dan ada pula yang hidup di perairan dalam. Ada pula yang dapat melakukan migrasi vertikal harian dari lapisan dalam ke permukaan. Hampir semua hewan yang

mampu berenang bebas (nekton) atau yang hidup di dasar laut (bentos) menjalani awal kehidupannya sebagai zooplankton yakni ketika masih berupa telur dan larva. Baru dikemudian hari, menjelang dewasa, sifat hidupnya yang semula sebagai plankton berubah menjadi nekton atau bentos. Berdasarkan daur hidupnya, zooplankton di bagi atas holoplankton dan meroplankton. Holoplankton adalah golongan zooplankton yang menghabiskan seluruh masa hidupnya dalam keadaan plankton seperti Chaetognata dan Copepoda. Sedangkan meroplankton adalah jenis zooplankton yang di awal masa hidupnya sebagai plankton dan setelah dewasa menjadi nekton dan bentos seperti ikan-ikan kecil yang habitanyat di Sungai (Imran, 2016).

2.5. Persepsi Lingkungan

Persepsi lingkungan dapat diartikan sebagai suatu pengertian persepsi yang diterapkan pada hubungan individu dan masyarakat dengan lingkungan (Heimstra et al., 1978). Hal ini diperlakukan sebagai fenomena psikososial, di mana representasi lingkungan bergantung pada proses kognitif dan kasih sayang (Pacheco, 2009), yang dibangun melalui pengalaman individu. Konsep persepsi lingkungan memiliki banyak segi (Pinheiro, 1997) dan terkait dengan perspektif sosio-lingkungan (Whyte, 1977). Bagi sebagian orang, persepsi lingkungan lebih dikaitkan dengan ilmu pengetahuan manusia, sementara yang lain dikaitkan dengan ilmu biologi. Namun menurut Marin dan Lima (2009), istilah Persepsi Lingkungan mempunyai sifat yang kompleks dan transdisipliner, tanpa definisi konsensus dalam bidang Biologi. Dialog antara Merleau-Ponty dan Simondon dalam persepsi lingkungan menginspirasi pandangan dan tindakan baru dalam Pendidikan Lingkungan. Dengan cara ini seseorang harus cenderung pada kerangka kerja yang homogen, dengan menghormati konsekuensi yang diperlukan sesuai dengan pendekatan teoritis yang diadopsi, yang dapat memberikan fokus tematik yang beragam, dari mana beberapa contoh berdasarkan pengalaman studi menonjol di bidang: Geografi manusia, studi tentang dasar persepsi topofilik; pendidikan, aspek kognitif dan sejarah sosial, pengalaman hidup dan ingatan yang signifikan; Sosiologi, pertanyaan tentang pencitraan dan konstruksi

interaksi sosial lingkungan manusia; dan Filsafat, landasan fenomenologis persepsi serta dimensi etika dan estetikanya (Pedrini dkk, 2010). Persepsi lingkungan menyatukan elemen-elemen yang berkontribusi pada:

- a) pemahaman tentang perilaku manusia dan interaksinya dengan lingkungan
- b) menyediakan data untuk organisasi kehidupan bersama manusia-lingkungan yang menguntungkan keduanya, dan
- c) merencanakan tindakan pendidikan lingkungan hidup (Alves, 2016)

Dengan cara yang sama seperti persepsi secara keseluruhan, persepsi lingkungan mengumpulkan komponen kognitif, emosional dan budaya, dan dapat didefinisikan sebagai jalan keluar bagi hubungan hati nurani yang bermasalah dengan lingkungan, meskipun tindakan memahami lingkungan tertanam dalam diri seseorang, dan belajar untuk melindungi lingkungan dan peduli terhadapnya. Hal ini juga dapat didefinisikan oleh cara individu melihat, memahami dan berkomunikasi dengan lingkungan, mempertimbangkan pengaruh ideologi masing-masing masyarakat. Respons atau manifestasi yang timbul merupakan hasil kolektif dan individual, dari proses persepsi kognitif, penilaian dan harapan masing-masing individu (Savietto et al., 2014).

Pengelolaan lingkungan merupakan usaha secara sadar untuk memelihara dan atau memperbaiki mutu lingkungan agar kebutuhan dasar dapat terpenuhi dengan sebaik-baiknya. Karena persepsi tentang kebutuhan dasar, terutama untuk kelangsungan hidup yang manusiawi, tidak sama untuk semua golongan masyarakat dan berubah-ubah dari waktu ke waktu, maka pengelolaan lingkungan harus bersifat lentur (Soemarwoto, 2004). Pengelolaan lingkungan bersifat lentur disini maksudnya pengelolaan lingkungan haruslah memiliki sejumlah alternatif solusi terhadap kondisi khusus maupun situasi yang berubah. Manusia dapat mempengaruhi lingkungan dengan cara mengolahnya tetapi lingkungan dengan segala perubahannya juga dapat mempengaruhi pola hidup manusia (Listyana, 2015).