

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kualitas Air

Kualitas air adalah mutu air yang memenuhi standar untuk tujuan tertentu (Rahayu, dkk., 2009). Kualitas air dapat dilihat dari perubahan karakter fisik, kimia, dan biologi suatu perairan. Kualitas air secara fisik meliputi kekeruhan, kandungan residu atau sisa, temperatur, warna, bau, dan rasa. Kualitas air secara kimiawi meliputi nilai pH, kandungan senyawa kimia di dalam air, kandungan senyawa racun dan sebagainya (Suriawiria, 1996).

Klasifikasi dan kriteria kualitas air di Indonesia diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001. Berdasarkan Peraturan Pemerintah tersebut, kualitas air diklasifikasikan menjadi empat kelas yaitu:

- a. Kelas I: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- b. Kelas II: Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas III: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi

pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut;

- d. Kelas IV: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi, pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berikut adalah tabel kriteria mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

TABEL 2.1: Kriteria Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA ORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah diluar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH ₃

Tabel Bersambung

Tabel 1, Sambungan						
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Cadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu \leq 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe \leq 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb \leq 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn \leq 5 mg/L
Khlorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Flourida	mg/L	0,5	1,5	1,5	0,06	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	0,06	Bagi pengilahan air minum secara konvensional, NO ₂ N \leq 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM (Air Baku Air Minum) tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, H ₂ S \leq 0,1 mg/L
MIKROBIOLOGI						
<i>Fecal coliform</i>	Jml/100mL	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform \leq 2000 jml/ 100 mL dan total coliform \leq 10000 jml/ 100 mL
<i>Total coliform</i>	Jml/100mL	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross A	Bq/ L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross B	Bq/ L	1	1	1	1	

Tabel Bersambung

Tabel 1, Sambungan						
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	Ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Deterjen sebagai MBAS	Ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa fenol	Ug/L	1	1	1	(-)	
Sebagai fenol						
BHC	Ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/ Dieldrin	Ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	Ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	Ug/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	Ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	Ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxychlor	Ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	Ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	Ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

Menurunnya kualitas air dapat disebabkan oleh faktor perubahan alam lingkungan terutama yang berkaitan dengan berkurangnya areal hutan diikuti dengan meluasnya praktik bercocok tanam yang tidak atau kurang mengindahkan kaidah-kaidah konservasi. Selain menurunnya kualitas air yang disebabkan oleh faktor tersebut, mencuatnya isu kualitas air menjadi semakin kuat dengan semakin banyaknya kegiatan industri yang membuang limbahnya ke perairan di sekitarnya tanpa dilakukan atau kurang memadainya *treatment* yang seharusnya dilakukan oleh industri pembuang limbah tersebut. Masalah ini menjadi lebih berat oleh kenyataan pesatnya laju pertumbuhan penduduk sebagai pengguna air dan industri pemakai air permukaan (Asdak, 1995).

Kualitas air memiliki beberapa cakupan kriteria. Kualitas air mencakup keadaan fisik, kimia, dan biologi yang dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk kehidupan manusia, pertanian, industri, rekreasi, dan pemanfaatan air lainnya. Kemudian limbah yang terbawa ke dalam air dapat mencemari

lingkungan air, sehingga ada prediksi tentang kualitas air serta perubahannya, yang dapat dihasilkan dari pengukuran yang membutuhkan suatu pemahaman mengenai sifat fisika, kimia, dan biologi air tersebut (Asdak, 2004).

1) Parameter Fisika

Karakteristik fisik yang terpenting yang mempengaruhi kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 yaitu residu terlarut, residu tersuspensi dan temperatur air

a) Residu terlarut

Residu terlarut adalah berat zat padat dalam air yang lolos pada penyaring dengan kertas saring dan dikeringkan pada suhu tertentu secara merata dan dinyatakan dalam satuan mg/L. Tujuan dari pengukuran residu terlarut adalah untuk mengetahui derajat keasaman dari suatu sampel air (Alaerts dan Santika, 1987).

b) Residu tersuspensi

Residu tersuspensi adalah berat zat padat dalam air yang tertahan pada kertas saring dan dikeringkan pada suhu tertentu secara merata dan dinyatakan dalam satuan mg/L. tujuan dari pengukuran residu tersuspensi adalah sebagai parameter mutu air, disain prasedimentasi, flokulasi, filtrasi pada sumber air minum, desain pengendapan primer pada pengolahan air buangan, sedimentasi dalam air sungai, drainase dan lain-lain (Alaerts dan Santika, 1987).

c) Temperatur

Temperatur air merupakan hal yang penting dalam kaitannya dengan tujuan penggunaan, pengolahan untuk menghilangkan bahan-bahan pencemar serta pengangkutannya. Temperatur air bergantung pada sumbernya. Temperatur normal air adalah 20°C sampai 30°C. Untuk sistem air bersih, temperatur ideal adalah antara 5°C sampai 10°C.

2) Parameter Kimia

Kandungan bahan-bahan kimia yang ada di dalam air berpengaruh terhadap kesesuaian penggunaan air (Suripin, 2002). Adapun parameter kimia yang diamati menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 yaitu: pH, BOD dan COD.

a) pH

pH sebagai pengukur keasaman dan kebasaan air. pH air murni adalah 7. Air dengan pH di atas 7 bersifat basa, dan pH di bawah 7 bersifat asam (Suripin, 2002).

b) BOD

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah angka indeks oksigen yang diperlukan oleh bahan pencemar yang dapat teruraikan di dalam suatu sistem perairan selama berlangsungnya proses dekomposisi aerobik. BOD dapat disebut juga sebagai angka indeks untuk tolak ukur atau kekuatan pencemar dari limbah yang berada dalam suatu sistem perairan (Asdak,2004).

Menurut Dunne dan Leopold (dalam Asdak, 2004), angka-angka indeks BOD yang ditentukan dalam waktu 5 hari dari bermacam sumber pencemar:

TABEL 2.2: Indeks BOD Waktu Inkubasi 5 Hari dari Berbagai Sumber Pencemar.

Sumber pencemar	BOD pada suhu 20 °C (mg/liter)
Pabrik kertas dan pulp	200-20.000
Industri pengalengan	400-4000
Peternakan sapi	200-4.000
Pabrik kemasan daging	600-2000
Pabrik gula	400-2.000
Pabrik pengolahan susu	50-1750
Pabrik pengolahan kapas	500-1250
Pabrik pengolahan minuman beralkohol	100-400
Limbah domestik tanpa treatment	100-400
Air larian yang berasal dari perkotaan	>10
Aliran air alamiah	< 4

c) COD

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah indikator tingkat pencemaran yang dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan secara kasar besarnya angka BOD (Asdak, 2004). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Baik BOD maupun COD menentukan senyawa organik dalam suatu sampel air namun melalui metoda yang berbeda. Karena COD menggunakan oksidasi kimiawi yang lebih kuat

daripada oksidasi biologis pada analisa BOD, maka angka BOD selalu $\sim 0,65$ x angka COD. Perbandingan tersebut dapat berubah sesuai dengan jenis air (Alaerts dan Santika, 1987).

TABEL 2.3: Perbandingan rata-rata angka BOD₅/COD untuk beberapa jenis air.

Jenis Air	BOD ₅ /COD
Air buangan domestik (penduduk)	0,40-0,60
Air buangan domestik setelah pengendapan primer	0,60
Air buangan domestik setelah pengolahan secara biologis	0,20
Air sungai	0,10

3) Parameter Biologi

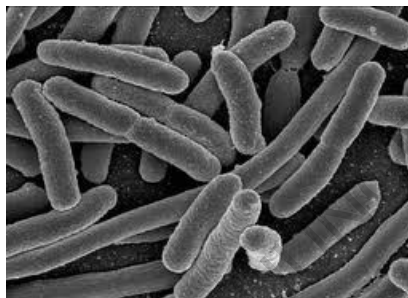
Air permukaan biasanya mengandung berbagai macam organisme hidup, sedangkan air tanah lebih bersih. Jenis-jenis organisme hidup yang mungkin terdapat di dalam air adalah makroskopik, mikroskopik, dan bakteri. Mikroorganisme yang banyak ditemukan pada perairan yang tercemar limbah organik adalah bakteri golongan *Coliform*. Bakteri golongan tersebut dapat digunakan sebagai indikator pencemaran mikrobiologis untuk kualitas air (Badjoeri, 2007).

Escherichia coli adalah bakteri non-patogen yang hidup di dalam usus binatang berdarah panas (Suripin, 2002). *E coli* dapat ditemukan pada badan air seperti danau, sungai, dan laut yang telah terkontaminasi oleh tinja manusia dan tinja hewan berdarah panas. Dalam air, bakteri ini dikeluarkan bersamaan dengan tinja, sehingga keberadaannya di dalam air dapat dijadikan sebagai indikasi keberadaan bakteri patogen. Kualitas air bersih ditentukan dengan keberadaan dan ketidakberadaan bakteri ini

melalui *E-coli* test (Suripin, 2002). Menurut Salle (dalam Setiaji, 2009)

adapun sistematika dari *E. coli* adalah sebagai berikut:

Divisio : Protophyta
Subdivisio : Schizomycetea
Classis : Schizomycetes
Ordo : Eubacteriales
Familia : Enterobacteriaceae
Genus : Escherichia
Species : *Escherichia coli*



Gambar 2.1 Bakteri *Escherichia coli*
Sumber: <http://www.google.co.id>

Coliform adalah kelompok bakteri dengan karakteristik morfologi sel berbentuk batang, bersifat Gram negatif, non spora, aerobik dan anaerobik fakultatif, memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35°C. Adanya bakteri *Coliform* didalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan. *Coliform* dibedakan dalam dua grup, *fecal coliform* misalnya *Escherichia coli* dan *nonfecal coliform* misalnya *Enterobacter aerogenes*. Berbagai hasil penelitian menunjukkan beberapa strain *E-coli* dapat menyebabkan diare, terutama pada anak anak dapat menyebabkan penyakit yang cukup berbahaya (Badjoeri, 2007). *Fecal Coliform* umumnya digunakan sebagai indikator untuk pencemaran yang berasal

dari limbah rumah tangga. Angka konsentrasi *fecal coliform* dalam suatu sistem sungai yang dianggap berbahaya bagi kesehatan manusia yang memanfaatkan air sungai tersebut adalah lebih besar dari 2000/100 ml (Asdak, 2004).

B. Pencemaran Air

Menurut Nofrita (2004), pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas air turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan air menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Berbagai jenis pencemar yang banyak memasuki badan air berasal dari:

- 1) Sumber domestik (rumah tangga, perkampungan, kota, pasar, jalan) dan sebagainya.
- 2) Sumber nondomestik (pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan serta sumber lainnya) (Suriawiria, 1996).

Berdasarkan sumber jenis pencemarnya, terdapat dua jenis pencemar, yaitu:

- 1) Sumber pencemaran perairan yang berasal dari areal pertanian (*point sources*). Penanggulangannya dapat dilakukan dengan cara memperbaiki praktek pengelolaan lahan di daerah yang diperkirakan sebagai asal pencemaran.
- 2) Pencemaran yang tidak diketahui asalnya, misalnya pencemaran yang berasal dari pabrik yang menggunakan bahan kimia dalam

proses produksinya. Bentuk pencemaran ini dikenal sebagai pencemaran bersifat *non point sources*. Penanggulangannya adalah melalui perbaikan prosedur *treatment* limbah cair yang akan dialirkan ke sungai atau badan air lainnya (Asdak, 2004).

Berbagai macam kegiatan manusia menghasilkan produk sampingan atau bahan buangan yang biasa disebut limbah, baik yang berupa limbah padat, cair, maupun limbah panas.

Menurut Suripin (2002), bentuk-bentuk limbah adalah:

1. Limbah domestik

Buangan saniter meliputi semua air dari toilet, dapur, restoran, hotel, rumah sakit, laundry, dan lain-lain, yang dibuang ke dalam sistem drainase dan atau sungai. Air buangan ini terutama dari bahan organik, termasuk bakteri yang berbahaya, serta detergen. Bahan organik umumnya berupa limbah yang membusuk atau degradasi oleh mikroorganisme. Pembuangan bahan organik ke sungai dapat meningkatkan populasi mikroorganisme sehingga tidak tertutup kemungkinan meningkatnya bakteri patogen.

Adanya bahan detergen dan sejenisnya yang berlebihan ke dalam air ditandai dengan adanya buih-buih di permukaan air. Kehadiran detergen dan sejenisnya dapat menaikkan kadar pH air sehingga mengganggu kehidupan mikroorganisme air. Selain itu dapat juga mematikan organisme air, terutama detergen atau sabun yang mengandung antiseptik. Akibat lainnya adalah dapat merusak

lingkungan karena ada bahan sabun atau deterjen yang tidak dapat di degradasi oleh mikroorganisme.

2. Limbah industri

Industrialisasi telah menyebabkan polusi udara dan air. Limbah industri sering mengandung bahan-bahan kimia yang berlebihan seperti asam, minyak, vaselin, phenol, dan merkuri yang dapat masuk atau diserap ke dalam rantai makanan tumbuhan dan hewan air dan dapat sampai ke tubuh manusia.

3. Limbah pertanian

Aliran permukaan dari lahan pertanian dapat menyebabkan polusi air karena pemakaian pupuk, pestisida, dan herbisida pada tanaman. Bahan pestisida di dalam air sulit untuk dipecah oleh mikroorganisme, walaupun bisa, hal itu akan memakan waktu yang cukup lama.

4. Sedimen/lumpur

Lumpur yang berasal dari erosi tanah yang terbawa aliran permukaan sampai ke saluran/ sungai atau badan air lainnya dapat menyebabkan polusi, kemurnian air berkurang, dan menjadi keruh. Kekeruhan ini akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Akibatnya, proses fotosintesis tumbuhan di dalam air tidak dapat berlangsung. Kandungan karbondioksida dalam air meningkat, dan sebaliknya kadar oksigennya menurun. Penurunan kadar oksigen akan mempengaruhi kehidupan hewan air.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menguji kualitas air di berbagai sungai di Indonesia. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fakultas MIPA UNTAN (dalam Wahyu, 2008) di hulu Sungai Kapuas, Kabupaten Sintang dan Sekadau, tampak bahwa sungai dengan panjang 1.086 kilometer itu secara kimiawi dan biologis sudah tercemar. Hasil penelitian di Sekadau menemukan kandungan merkuri (Hg) mencapai 0,2 ppm (*parts per million*), dua kali lipat di atas ambang batas normal. Penelitian di Kabupaten Sintang menemukan kandungan Hg hingga 0,4 ppm.

Macam-macam bahan pencemar air adalah:

1. Bahan pencemar yang dapat terurai (*degradable*), terbagi:
 - a. Bahan pencemar yang cepat terurai, dapat diuraikan oleh proses-proses di alam sepanjang bahan pencemar tersebut tidak berleboh di alam. Contohnya limbah rumah tangga, pupuk tanaman dan bahan-bahan sintetik kimia organik.
 - b. Bahan pencemar yang lambat atau sukar terurai, memerlukan waktu yang relatif panjang namun akan terurai sejalan dengan bertambahnya waktu oleh proses alami. Contohnya radioisotop, DDT, phenol, dan deterjen.
2. Bahan pencemar yang tidak dapat diuraikan (*nondegradable*) adalah bahan pencemar yang tidak dapat dihancurkan oleh proses-proses alami. Contohnya logam berat seperti Hg dan Pb (Nofrita, 2004).

C. Penuntun Praktikum

Menurut Adimihardja (dalam Wahyuni, 2011), praktikum adalah bagian dari pembelajaran yang bertujuan untuk menguji dan melaksanakan suatu teori dalam keadaan nyata. Dalam pengertian yang lebih khusus, praktikum merupakan salah satu bentuk kegiatan pembelajaran yang bertujuan untuk memantapkan pengetahuan siswa terhadap materi mata pelajaran melalui aplikasi, analisis, sintesis, dan evaluasi terhadap teori yang dilakukan baik di dalam laboratorium ataupun di lapangan. Praktikum memberikan kesempatan kepada siswa agar dapat mempraktekkan kemampuan kognitif, afektif dan psikomotorik.

Praktikum merupakan suatu kegiatan yang dilakukan secara ilmiah, sehingga dalam pengerjaannya harus dilakukan secara sistematis. Oleh karena itu, dalam melakukan kegiatan praktikum harus dilengkapi dengan penuntun praktikum. Menurut Anonim (dalam Wahyuni, 2011) penuntun praktikum adalah suatu pedoman dalam melakukan kegiatan praktikum yang mencakup :

- 1) Pengantar
Berisi uraian singkat yang menengahkan bahan pelajaran (berupa konsep-konsep IPA) yang dicakup dalam kegiatan praktikum.
- 2) Tujuan
Memuat tujuan yang berkaitan dengan permasalahan yang diungkapkan dipengantar atau berkaitan dengan unjuk kerja siswa (misalnya dapat membuat grafik kecepatan terhadap waktu)
- 3) Alat dan Bahan
Memuat alat dan bahan yang diperlukan.
- 4) Prosedur/Langkah Kegiatan
Merupakan instruksi untuk melakukan kegiatan selangkah demi selangkah.
- 5) Data Hasil Pengamatan
Meliputi tabel-tabel data atau grafik kosong yang dapat diisi siswa untuk membantu siswa mengorganisasikan data.

- 6) Analisis
Bagian ini membimbing siswa untuk melakukan langkah-langkah analisis data sehingga kesimpulan dapat diperoleh. Bagian ini dapat berupa pertanyaan atau isian yang jawabannya berupa perhitungan terhadap data.
- 7) Kesimpulan
Berisi pertanyaan-pertanyaan yang didesain sedemikian hingga jawabannya berupa kesimpulan (menjawab permasalahan).
- 8) Langkah Selanjutnya
Merupakan kegiatan perluasan, proyek, atau telaah pustaka yang membantu siswa belajar lebih lanjut tentang materi pembelajaran yang dia pelajari melalui kegiatan praktikum ini serta penerapannya dalam bidang-bidang lain.

Penuntun praktikum disusun dengan tujuan agar dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan praktikum, sehingga kegiatan praktikum dapat terlaksana secara efektif dan efisien sehingga tercapai hasil sesuai yang diinginkan. Menurut Santayasa (2007), dalam menyusun penuntun praktikum harus mengikuti pedoman penulisan penuntun praktikum, yaitu:

- 1) Rasional
Pentingnya pengembangan petunjuk praktikum tersebut dalam rangka mempermudah pembelajaran pada bab-bab tertentu.
- 2) Tujuan
Mengungkapkan kemampuan yang akan dimiliki oleh pebelajar setelah melakukan praktikum tersebut dalam pembelajaran bab tertentu. Tujuan hendaknya diungkapkan dengan kata-kata operasional, sehingga pencapaiannya mudah diukur
- 3) Petunjuk
Biasanya berisi arahan kepada pebelajar, misalnya dalam melakukan praktikum melihat bab-bab tertentu pada buku tertentu sebagai prasyarat. Arahan tersebut hendaknya juga mencakup apakah pebelajar dapat bekerja secara individual, atau dalam melakukan praktikum tersebut mereka harus kerja sama dalam kelompok kecil (3-5 orang). Kriteria penilaian kinerja pebelajar juga dicantumkan pada bagian ini.
- 4) Deskripsi Teoritis
Ungkapkan secara ringkas teori yang melandasi praktikum yang akan dilakukan oleh pebelajar. Teori tersebut hendaknya mampu mengarahkan pebelajar untuk menetapkan langkah perumusan masalah dan perumusan hipotesis.

5) Langkah-langkah Kegiatan

Langkah-langkah kegiatan dapat diformulasikan berdasarkan sketsa gambar, atau dapat diformulasikan tanpa mengikuti sketsa. Langkah-langkah tersebut hendaknya dibuat secara mendetail, sehingga memberikan peluang kepada pebelajar untuk melakukan praktikum secara cepat dan tepat. Di antara langkah-langkah tersebut hendaknya menyertakan pertanyaan-pertanyaan terbuka agar pebelajar mampu melakukan penyelidikan ilmiah: misalnya apakah, mengapa, isikan, diskusikan, analisislah, dan sebagainya. Untuk mengakomodasi kebutuhan pebelajar dalam menjalani praktikum dan penyelidikan tersebut, dalam langkah-langkah tersebut disertakan tabel yang harus diisi oleh pebelajar terkait dengan kinerja mereka. Sebagai pertanggungjawaban pebelajar atas kinerjanya, mereka juga diharapkan menulis laporan praktikum dalam bentuk portofolio. Dalam laporan praktikum tersebut, mereka hendaknya juga dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan.

Salah satu contoh materi pelajaran IPA yang perlu dilakukan kegiatan praktikum adalah materi pencemaran lingkungan. Penuntun praktikum pada materi pencemaran lingkungan harus menggunakan bahasa yang singkat, padat dan jelas sehingga mudah dipahami pada saat melakukan kegiatan praktikum. Komponen yang terkandung dalam penuntun praktikum pada materi pencemaran lingkungan mencakup:

- 1) Permasalahan, masalah ini harus diformulasikan sesingkat-singkatnya dan sejelas-jelasnya. Formulasi ini merupakan judul kegiatan
- 2) Tujuan kegiatan yang akan dicapai
- 3) Deskripsi Teoritis, ungkapkan secara ringkas teori yang melandasi praktikum yang akan dilakukan oleh siswa
- 4) Alat dan bahan yang diperlukan dalam kegiatan praktikum dan bagaimana cara penggunaannya
- 5) Cara kerja atau prosedur kerja yang meliputi penentuan tempat, pengaturan alat-alat, pengaturan waktu, pencatatan, dan pengamatan.
- 6) Hasil pengamatan
- 7) Evaluasi, bertujuan untuk melihat sejauh mana keberhasilan proses pembelajaran mencapai tujuan yang ingin dicapai.
- 8) Referensi, berisikan sumber pendukung kegiatan praktikum (Wahyuni, 2011).

D. Materi Pencemaran Lingkungan

Lingkungan terdiri dari lingkungan biotik dan lingkungan abiotik. Jika komponen berada di dalam komposisi yang proporsional antara tingkat trofik dan komponen abiotik, lingkungan tersebut berada dalam keseimbangan atau stabil. Keseimbangan lingkungan tidak statis, artinya dapat terjadi penurunan dan kenaikan populasi tiap jenis tumbuhan dan hewan serta berbagai komponen abiotik. Perubahan komponen biotik dan abiotik dalam batas-batas tertentu tidak mengganggu keseimbangan lingkungan (Aryulina,dkk, 2007).

Daya dukung lingkungan adalah kemampuan lingkungan mendukung kehidupan berbagai makhluk hidup di dalamnya. Daya lenting lingkungan adalah kemampuan lingkungan untuk pulih kembali pada keadaan seimbang jika mengalami perubahan atau gangguan. Keseimbangan lingkungan dapat menjadi rusak, artinya lingkungan menjadi tidak seimbang jika terjadi perubahan yang melebihi daya dukung dan daya lentingnya. Perubahan lingkungan akan terjadi karena alam maupun manusia. (Aryulina,dkk, 2007).

1. Pencemaran

Berbagai industri selain menghasilkan produk yang dibutuhkan manusia juga menghasilkan buangan atau limbah. Limbah adalah suatu benda atau zat yang mengandung berbagai bahan yang membahayakan kehidupan manusia, hewan serta makhluk lainnya. Limbah umumnya muncul akibat perbuatan manusia, termasuk industrialisasi. Kegiatan manusia lainnya seperti kegiatan rumah tangga juga menghasilkan limbah (Aryulina,dkk, 2007).

Dalam pengertian yang lebih luas, pencemaran adalah perubahan yang tidak diinginkan pada lingkungan yang meliputi udara, daratan, dan air, baik secara fisik, kimia, ataupun biologi. Makhluk hidup, energi, zat,

atau komponen penyebab pencemaran disebut polutan. Polutan makhluk hidup atau polutan biologi contohnya bakteri pada sampah dan kotoran. Polutan zat disebut juga polutan kimia, contohnya limbah yang mengandung merkuri, gas CO₂, gas CFC, pestisida dan debu asbes. Sedangkan polutan fisik misalnya, panas dan radiasi.

Pencemaran air meliputi pencemaran di perairan darat, seperti danau dan sungai, serta perairan laut. Sumber pencemaran air, misalnya limbah domestik, industri, pertanian, dan sedimen/lumpur (Suripin, 2002). Pencemaran air dapat diketahui dari perubahan warna, bau, serta adanya kematian dari biota air, baik sebagian maupun seluruhnya. Ada 2 cara yang digunakan untuk menentukan kadar oksigen di dalam air, yaitu secara kimia dengan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Makin besar harga BOD makin tinggi pula tingkat pencemarannya.

Penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan merupakan salah satu sumber pencemaran air. Pupuk yang larut di dalam air akan menyebabkan eutrofikasi yang mengakibatkan ledakan (*Blooming*) tumbuhan air, misalnya alga dan ganggang.

Cara pencegahan dan penanggulangan pencemaran air dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Cara pemakaian pestisida sesuai aturan yang ada
- b. Sisa air buangan pabrik dinetralkan terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai
- c. Pembuangan air limbah pabrik tidak boleh melalui daerah pemukiman penduduk

d. Setiap rumah hendaknya membuat septik tank yang baik (Aryulina,dkk, 2007).

a) Limbah Domestik

Limbah ini terdiri dari buangan saniter meliputi semua air dari toilet, dapur, restoran, hotel, rumah sakit dan lain-lain yang dibuang ke sungai. Air buangan ini terdiri dari bahan organik, termasuk bakteri berbahaya dan detergen. Bahan organik dapat terurai oleh mikroorganisme, sedangkan detergen tidak (Suripin, 2002).

b) Limbah Industri

Industrialisasi telah menyebabkan polusi udara dan air. Limbah ini biasanya mengandung bahan kimia yang berlebihan seperti asam, alkali, minyak, vaselin, phenol, dan merkuri yang dapat terserap kedalam rantai makanan tumbuhan, hewan air dan dapat juga masuk kedalam tubuh manusia yang tentu saja membahayakan bagi kesehatan (Suripin, 2002).

Adapun dampaknya bagi kesehatan manusia yaitu apabila ikan yang tercemar oleh merkuri jika dikonsumsi oleh ibu yang sedang hamil, keturunannya dapat menderita cacat karena kerusakan saraf, bahkan dapat mengakibatkan kematian.

c) Limbah pertanian

Kegiatan pertanian dapat menyebabkan pencemaran air terutama karena penggunaan pupuk buatan, pestisida, dan herbisida. Pencemaran air oleh pupuk, pestisida, dan herbisida dapat meracuni organisme air, seperti plankton, ikan, hewan yang meminum air tersebut, dan juga

manusia yang menggunakan air tersebut untuk kebutuhan sehari-hari. Residu pestisida seperti DDT yang terakumulasi dalam tubuh ikan dan biota lainnya akan terbawa ke dalam rantai makanan ke tingkat trofik yang lebih tinggi yaitu manusia (Aryulina,dkk, 2007) .

Selain itu, masuknya pupuk pertanian, sampah, dan kotoran ke bendungan, danau, serta laut dapat menyebabkan meningkatnya zat-zat hara diperairan. Peningkatan tersebut mengakibatkan pertumbuhan ganggang atau enceng gondok menjadi pesat (*blooming*).

d) Limbah Pertambangan

Pencemaran minyak bumi di laut terutama disebabkan limbah pertambangan minyak lepas pantai dan kebocoran kapal tanker yang mengangkut minyak. Setiap tahun diperkirakan jumlah kebocoran dan tumpahan minyak dari kapal tanker ke laut mencapai 3,9 juta ton sampai 6,6 juta ton. Tumpahan minyak merusak kehidupan di laut di antaranya burung laut dan ikan. Minyak yang menempel pada bulu burung dan insang ikan dapat mengakibatkan kematian hewan-hewan tersebut (Aryulina,dkk, 2007).

2. Parameter kualitas Limbah

Pencemaran lingkungan dapat diukur dengan parameter kualitas limbah. Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran yang sudah terjadi di lingkungan. Beberapa parameter kimia air yang perlu diketahui antara lain BOD, COD, DO, dan pH.

a. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah angka indeks oksigen yang diperlukan oleh bahan pencemar yang dapat teruraikan di dalam suatu sistem perairan selama berlangsungnya proses dekomposisi aerobik. BOD dapat disebut juga sebagai angka indeks untuk tolak ukur atau kekuatan pencemar dari limbah yang berada dalam suatu sistem perairan (Asdak, 2004). Apabila kandungan oksigen di dalam air menurun, kemampuan mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan buangan organik akan menurun pula.

BOD ditentukan dengan mengukur jumlah oksigen yang terserap oleh jumlah oksigen yang terserap oleh limbah cair akibat adanya mikroorganisme selama kurun waktu dan temperatur tertentu (biasanya lima hari dan pada suhu 20°C). Nilai BOD diperoleh dari selisih oksigen terlarut awal dengan oksigen terlarut akhir. BOD merupakan ukuran utama kekuatan limbah cair (Aryulina, dkk, 2007).

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Indikator ini umumnya berguna pada limbah industri (Aryulina, dkk, 2007).

c. DO (*Disolved Oxygen*)

DO adalah kadar oksigen terlarut dalam air. Penurunan DO dapat diakibatkan oleh pencemaran air yang mengandung bahan organik sehingga menyebabkan organisme air terganggu. Semakin kecil nilai DO

dalam air, tingkat pencemarannya semakin tinggi. DO penting dalam pengoperasian sistem saluran pembuangan maupun pengolahan limbah (Aryulina, dkk, 2007).

d. pH

Nilai pH limbah cair adalah ukuran keasaman atau kebasaan limbah. Air yang tidak tercemar memiliki pH antara 6,5-7,5. Perubahan pH air tergantung pada polutan air tersebut. Air yang memiliki pH lebih kecil atau lebih besar dari kisaran pH normal tidak sesuai untuk kehidupan mikroorganisme (Aryulina, dkk, 2007).

3. Kerugian Ekonomi Akibat Pencemaran

Kerugian ekonomi yang diakibatkan dari pencemaran lingkungan sangatlah besar. Baik yang dikeluarkan untuk pengolahan limbah cair maupun limbah padat. Di Jakarta, berdasarkan data statistik tahun 1990, kerugian yang disebabkan pencemaran air ditaksir oleh Bank Dunia sekitar 300 juta dolar AS.

Pencemaran air dapat diketahui dari perubahan warna, bau, serta adanya kematian dari biota air, baik sebagian maupun seluruhnya. Bahan polutan yang dapat menyebabkan polusi air antara lain limbah pabrik, deterjen, pestisida, minyak, dan bahan organik yang berupa sisa-sisa organisme yang mengalami pembusukan (Aryulina, dkk, 2007).