



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING

MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN
UNTUK BIOLOGI SMA **KELAS X FASE E**

Disusun Oleh:
Nurul Istiqomah

Nama Lengkap Anggota Kelompok:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

**PROGRAM MAGISTER PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2024

PERKENALAN

LKPD Berbasis *Problem Based Learning* Pada Materi Pencemaran Lingkungan

Untuk Biologi SMA

KELAS X FASE E

Kurikulum Merdeka

Penulis

: Nurul Istiqomah, S.Pd

Pembimbing

: Dr. Tien Aminatun, S.Si., M.Si

Validator Ahli Media :

Validator Ahli Materi :

KATA PENGANTAR

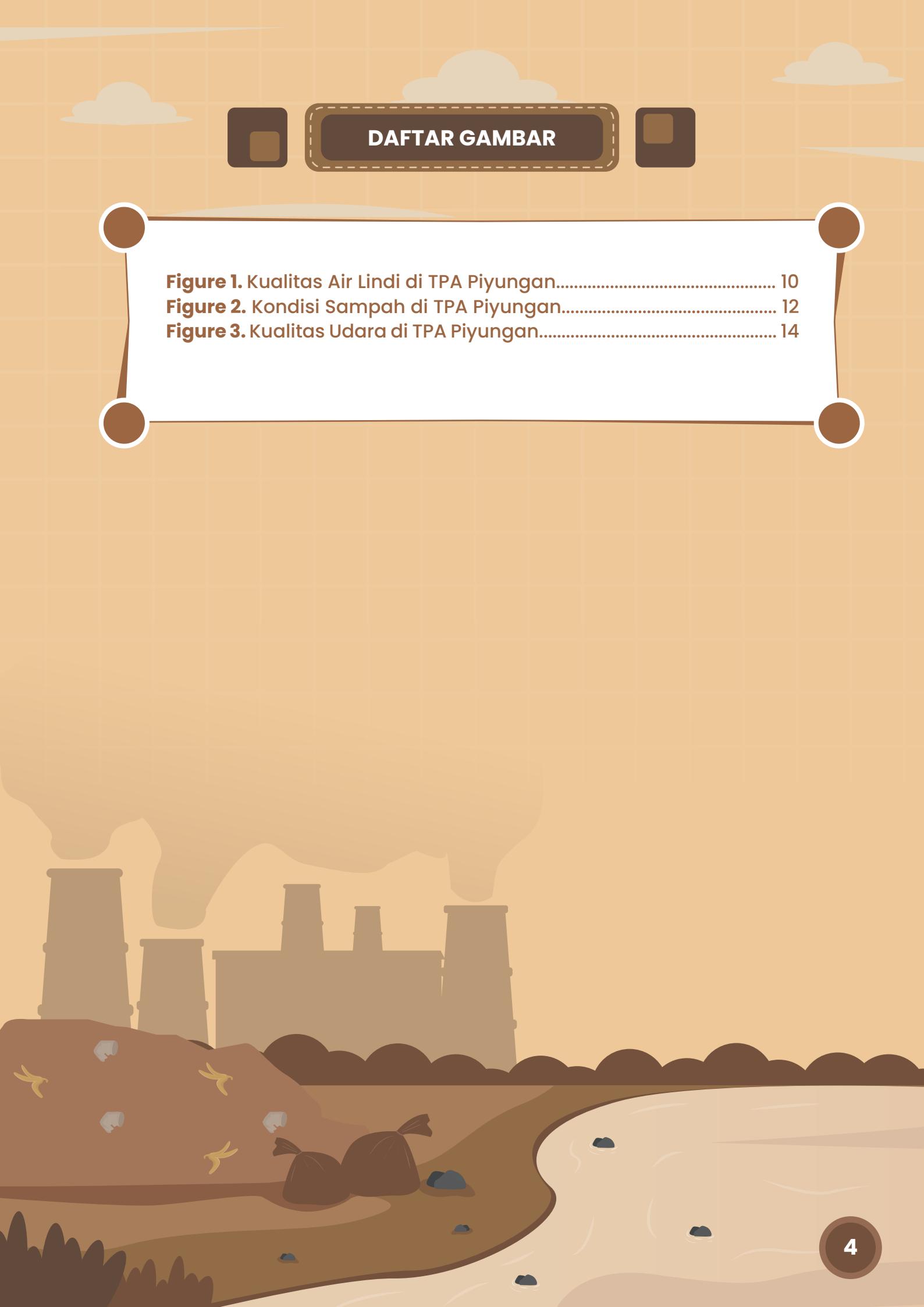
Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis *Problem Based Learning*. LKPD ini disusun dengan harapan agar dapat digunakan sebagai bahan ajar peserta didik dalam pembelajaran Biologi serta LKPD yang dikembangkan oleh penulis memuat materi tentang pencemaran lingkungan untuk kelas X/Fase E SMA dengan menggunakan kurikulum merdeka.

LKPD dengan menggunakan model pembelajaran berbasis *Problem Based Learning*, peserta didik akan melakukan kegiatan diskusi dan kegiatan praktik yang disuguhkan dengan permasalahan sehari-hari yang berikatan langsung dengan materi yang dipelajari. Selain itu, peserta didik juga dilatih untuk membuat dugaan sementara atau hipotesis sebelum melakukan kegiatan.

Penulis menyadari bahwa LKPD berbasis *Problem Based Learning* ini masih banyak yang harus diperbaiki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi menyempurnakan LKPD ini untuk selanjutnya dapat menjadi lebih baik dan mempunyai potensi untuk dikembangkan. Dengan terselesaiannya LKPD ini, besar harapan penulis agar dapat bermanfaat bagi orang lain dan bagi peneliti sendiri.

DAFTAR ISI

PERKENALAN.....	1
KATA PENGANTAR	2
DAFTAR ISI.....	3
DAFTAR GAMBAR.....	4
DESKRIPSI LKPD	5
PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD.....	6
IDENTITAS MATA PELAJARAN.....	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1.....	9
BAHAN AJAR TAMBAHAN 1	19
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2.....	24
BAHAN AJAR TAMBAHAN 2	39
DAFTAR PUSTAKA.....	48
BIOGRAFI PENULIS.....	49



DAFTAR GAMBAR

Figure 1. Kualitas Air Lindi di TPA Piyungan.....	10
Figure 2. Kondisi Sampah di TPA Piyungan.....	12
Figure 3. Kualitas Udara di TPA Piyungan.....	14

DESKRIPSI LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan lembar kerja atau kegiatan pembelajaran peserta didik yang dikemas untuk memuat materi pencemaran lingkungan. LKPD ini menerapkan model pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan sikap ilmiah peserta didik. Model pembelajaran *Problem Based Learning* merupakan model pembelajaran berbasis masalah yang memiliki lima tahapan, yaitu: mengarahkan peserta didik pada masalah; mempersiapkan peserta didik untuk belajar; membimbing penyelidikan individu atau kelompok; mengembangkan & menyajikan hasil karya; serta menganalisis & mengevaluasi proses pemecahan masalah. Beberapa tahapan pada model pembelajaran *Problem Based Learning* di dalam LKPD ini berisikan komponen keterampilan berpikir kritis dan sikap ilmiah dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Adapun komponen berpikir kritis yang digunakan menurut Ennis dengan 5 tahapan, yaitu: klasifikasi dasar; dukungan dasar; kesimpulan/inferensi; klasifikasi/penjelasan lanjut; serta strategi dan teknik. Sedangkan komponen sikap ilmiah terdiri dari; sikap ingin tahu; sikap terhadap data/fakta; sikap berpikir kritis; sikap penemuan dan kreatifitas; sikap berpikir terbuka dan berkerja sama; sikap ketekunan; serta sikap peka terhadap lingkungan sekitar.

LKPD berbasis *Problem Based Learning* pada materi pencemaran lingkungan disajikan dengan fakta-fakta mengenai lingkungan. Selain itu pada LKPD ini juga mengimplementasikan berdasarkan permasalahan nyata yang ada di kehidupan sehari-hari peserta didik dan setiap kegiatan pada LKPD ini terdiri dari 2 kegiatan utama yaitu kegiatan pembelajaran 1 dan kegiatan pembelajaran 2. Pada pembelajaran 1 terdiri dari 3 sintaks model pembelajaran *Problem Based Learning* yaitu 1) Mengarahkan peserta didik pada masalah, 2) Mempersiapkan peserta didik untuk belajar, dan 3) Membimbing penyelidikan individu atau kelompok. Sedangkan pada kegiatan pembelajaran 2 terdiri dari 2 sintaks model pembelajaran *Problem Based Learning* yaitu 1) Mengembangkan & menyajikan hasil, dan 2) mengevaluasi proses pemecahan masalah.

PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD

1



Isilah identitas diri/identitas kelompok pada halaman depan LKPD yang tersedia.

2



Bacalah dan fahami deskripsi LKPD yang terdapat pada halaman sebelumnya.

4



Silahkan memahami capaian pembelajaran, alur tujuan pembelajaran, tujuan pembelajaran dan indikator ketercapaian tujuan pembelajaran yang merupakan output dari kegiatan pembelajaran ini.

4



Pastikan kalian membaca petunjuk penggunaan LKPD yang tersedia.

5



Isilah semua perintah yang diberikan pada kegiatan pembelajaran dengan langsung menjawabnya di LKPD tersebut.

6



Apabila terdapat kesulitan selama kegiatan pembelajaran silahkan diskusikan bersama teman sekelompok ataupun bertanya langsung pada guru.

IDENTITAS MATA PELAJARAN

Mata Pelajaran	: Biologi
Materi	: Pencemaran Lingkungan
Satuan Pendidikan	: SMA Negeri 01 Piyungan Bantul
Tahun Pelajaran	: 2024-2025
Tahapan (Fase)	: Fase E
Kelas	: X (Sepuluh)
Semester	: 2/Genap
Alokasi Waktu	: 3 JP x 45 menit

A. Capaian Pembelajaran

Pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya, virus dan peranannya, inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan.

B. Alur Tujuan Pembelajaran

Merencanakan dan melakukan penyelidikan untuk mengetahui macam-macam pencemaran lingkungan, penyebab dan dampak pencemaran lingkungan serta mengkampanyekan solusi pencegahannya.

C. Tujuan Pembelajaran

1. Menganalisis macam-macam pencemaran lingkungan dan penyebab pencemaran lingkungan terhadap lingkungan.
2. Menganalisis dampak pencemaran lingkungan.
3. Menyajikan solusi pencegahan masalah pencemaran lingkungan dalam upaya menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan.

D. Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik mampu menganalisis macam-macam pencemaran lingkungan dan penyebab pencemaran lingkungan.
2. Peserta didik mampu menganalisis dampak pencemaran lingkungan
3. Peserta didik mampu menyajikan solusi pencegahan masalah pencemaran lingkungan dalam upaya menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan.

E. Model Pembelajaran *Problem Based Learning*



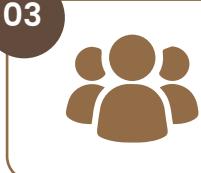
Mengarahkan peserta didik pada masalah



02



Mempersiapkan peserta didik untuk belajar



Membimbing penyelidikan individu atau kelompok



04



Mengembangkan dan menyajikan hasil karya



Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah



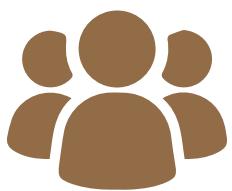
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

Ayo sebelum memulai pelajaran mari menonton video tentang pencemaran lingkungan secara bersama-sama!



<https://youtu.be/yTaBfKiMdp8?feature=shared>

A. Mengarahkan Peserta Didik Pada Masalah



Sebelum memulai kegiatan pembelajaran ini, silahkan kalian membentuk 6 kelompok, yang terdiri dari 2 kelompok pencemaran air, 2 kelompok pencemaran tanah, dan 2 kelompok pencemaran udara. Pada setiap kelompok mengerjakan satu pokok bahasan pencemaran (pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran udara).

Setelah masing-masing kelompok mengerjakan tugasnya, silahkan setiap kelompok bertukar informasi atau data terkait pokok bahasan yang didapatkan pada kelompok lainnya.



Perhatikan wacana mengenai pencemaran lingkungan berikut!

a. Wacana 1 Pencemaran Air

Home > DIY > Bantul

Dampak Limbah Air Sampah di TPA Piyungan, Saluran Irigasi Berwarna Hitam Pekat dan Berbau Menyengat

Senin, 9 Mei 2022 17:42 WIB

Warga Banyak Kabupaten Bantul menggelar aksi penutupan akses jalan menuju TPA Piyungan, hal ini merupakan bentuk protes warga terhadap TPA Piyungan yang telah banyak merugikan warga sekitar, terutama dengan limbah air sampah atau *air lindi* yang keluar dari TPA Piyungan. Saluran irigasi di persawahan Dusun Banyak, Kelurahan Sitimulyo, Kapanewon Piyungan yang hanya berjarak kurang dari 1 KM dari TPA Piyungan berwarna hitam pekat dan berbau tak sedap. Tak hanya karena tercemar *air lindi*, saat hujan tiba mengakibatkan aliran sungai meluap dan sampah-sampah yang teseret air akan tumpah ke lahan-lahan pertanian warga, akibat hal tersebut mengakibatkan tanaman padi milik



Figure 1. Kualitas Air Lindi di TPA Piyungan

warga akan mati dan terancam gagal panen. Terdapat kasus kesehatan di Piyungan, Bantul akibat *air lindi* yang dihasilkan, warga sering merasa sesak nafas akibat bau dari cairan lindi. Terlebih lagi truk pengangkut sampah selalu melintas di pemukiman warga. Tak hanya berdampak negatif untuk lingkungan, kandungan cairan lindi juga memberikan dampak buruk pada kesehatan warga sekitar yang mengonsumsi air yang mungkin telah terkontaminasi air lindi. Air yang baik memiliki logam yang kita butuhkan seperti magnesium, kalium dan kalsium. Sementara dalam *air lindi* logam yang terkandung justru membahayakan kesehatan seperti timbal, merkuri, kadmium. Berikut hasil penelitian mengenai kualitas *air lindi*.

No.	Parameter	Hasil uji kualitas air lindi		Satuan	Baku Mutu		
		di TPA Piyungan					
		April	July				
1.	BOD	199	486,0	µg/L	100		
2.	COD	1101	2384,5	µg/L	300		
3.	Ph	8,4	8,5	-	6,0-9,0		
4.	TSS	136	73	µg/L	100		
5.	TDS	5750	6962	µg/L	2000		
6.	Suhu Udara	30	28	°C	-		



Sekilas Info

Tahukah kamu bahwa Indonesia menempatkan peringkat ke 10 negara dengan polusi terburuk di dunia berdasarkan data dari IQAir.

b. Wacana 2 Pencemaran Tanah



detikJogja Selasa, 05 Des 2023 14:27 WIB

ORI DIY soal Dampak Penutupan TPA Piyungan: Muncul Banyak Masalah Baru

Ombudsman RI (ORI) Perwakilan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) menggelar diskusi dengan berbagai stakeholder membahas permasalahan sampah di DIY.

Ombudsman RI (ORI) Perwakilan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) menggelar diskusi bersama, beliau mengatakan bahwa Penutupan TPA Piyungan justru menimbulkan banyak masalah baru, konflik sosial, konflik kesehatan dan semakin banyak warga yang membuang sampah sembarangan. Salah satu permasalahannya yaitu keterbatasan lahan

pengelolaan sampah, jika dibangun tempat pengelola sampah di pinggir wilayah justru akan mencemari lingkungan tersebut, beliau juga menyatakan bahwa ketika sampah dikelola di daerah tersebut, air rembesannya akan mencemari aliran air di bawahnya. Sampah merupakan zat maupun materi yang memiliki sifat anorganik maupun organik dan secara mayoritas dihasilkan dari aktivitas sehari-hari manusia. Keberadaan sampah dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan akibat pesatnya jumlah penduduk serta kompleksitas aktivitas manusia, salah satunya yang terjadi di lokasi TPA Piyungan. Berdasarkan data terakhir di lapangan, rata-rata volume sampah yang masuk ke TPA Piyungan tiap bulan adalah 734 ton.

Pencemaran tanah yang terjadi pada TPA Piyungan terjadi karena masuknya bahan pencemar seperti bahan kimia buatan manusia, zat lain, maupun masuknya makhluk hidup kedalam tanah dan dapat mengubah kondisi lingkungan tanah. Pemicu lainnya dari pencemaran bisa terjadi adanya kebocoran limbah cair, bahan kimia industri, fasilitas komersial, fasilitas kesehatan, penggunaan pestisida, zat kimia, limbah domestik rumah tangga, limbah buangan pabrik atau air limbah dari tempat penimbunan sampah pada tanah. Pencemaran tanah di sekitar TPA Piyungan terjadi karena adanya pencemaran logam berat dalam tanah, keadaan ini tentu sangat berbahaya bagi kesehatan. Hal ini bisa terjadi karena konstruksi TPA dilakukan penumpukan langsung pada tanah tanpa bahan pelapis.

Kehadiran TPA Piyungan diindikasikan memiliki dampak bagi lingkungan sekitar termasuk pencemaran terhadap tanah karena adanya kandungan logam berbahaya pada sampah seperti Pb, Cu, Zn dan Cd. Semakin meningkatnya volume sampah di TPA Piyungan dapat mencemari tanah melalui air lindi, sehingga potensi tercemarnya tanah di wilayah sekitar TPA Piyungan semakin besar. Berikut hasil penelitian mengenai kualitas air tanah.



Figure 2. Kondisi Sampah di TPA Piyungan

No.	Parameter	Hasil uji kualitas air tanah di		Satuan	Baku Mutu		
		TPA Piyungan					
		2A	2B				
1.	Kekeruhan	3	1	-	225		
2.	Warna	14	10	TCU	50		
3.	Besi (Fe)	<0,0162	<0,0162	µg/L	1,0		
4.	Kadmium	<0,0004	<0,0004	µg/L	0,005		
5.	Kromium (Cr)	<0,0014	<0,0014	µg/L	0,05		
6.	Seng	<0,0083	<0,0083	µg/L	15		
7.	pH	6,7	6,8	-	6,5-9,0		
8.	Timbal (Pb)	<0,0008	<0,0008	µg/L	0,05		

c. Wacana 3 Pencemaran Udara

Home > DIY > Kota Yogyakarta

Penutupan TPA Piyungan

Aktivitas Pembakaran Sampah Imbas Penutupan TPA Piyungan Diduga Pengaruhi Kualitas Udara di DIY

Rabu, 9 Agustus 2023 15:25 WIB

Maraknya aktivitas pembakaran sampah yang merupakan imbas dari penutupan TPA Piyungan diduga mempengaruhi kualitas udara di wilayah DI Yogyakarta. Pemerintah sendiri rutin melakukan perhitungan kadar SO dan NO atau kandungan sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen dioksida (NO_2) dalam udara. Sementara untuk aktivitas pembakaran sampah sendiri akan meningkatkan kadar SO_2 . Jika mengacu pada indeks standar pencemaran udara, nilai 1-50 tergolong baik, sementara 51-100 termasuk kedalam kategori sedang namun tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan. Pihak pengelola TPA Piyungan mengatakan bahwa meningkatnya kadar SO dan NO disebabkan karena penggunaan kendaraan bermotor, aktivitas pabrik, dan pembakaran.

Pada kasus di wilayah DI Yogyakarta faktor tertinggi yang mempengaruhi kualitas udara adalah keberadaan kendaraan bermotor. Pihanyak juga menjelaskan bahwa terjadi lonjakan PM2.5 di beberapa daerah di wilayah Yogyakarta. PM2.5 merupakan partikel udara yang berukuran sangat kecil, di dalamnya terkandung material yang bisa menyebabkan gangguan saluran pernafasan seperti infeksi saluran pernafasan akut (ISPA), kanker paru-paru, kardiovaskular, penyakit paru-paru kronis hingga kematian dini. Berikut hasil penelitian mengenai kualitas udara ambien.



Figure 3. Kualitas Udara di TPA Piyungan

No.	Parameter	Hasil uji kualitas udara ambien di		Satuan	Baku Mutu		
		TPA Piyungan					
		Pintu Masuk	Bagian Sampah				
1.	NO ₂	5,99	6,11	µg/m ³	200		
2.	SO ₂	46,8	28	µg/m ³	150		
3.	O ₃	33,6	35	µg/m ³	150		
4.	CO	29,3	25,6	µg/m ³	10000		
5.	CO ₂	63	152	ppm	-		
6.	Partikel	77,5	167	µg/m ³	230		



B. Mempersiapkan Peserta Didik Untuk Belajar



Bersama dengan anggota kelompok perhatikan perintah dibawah ini!

KELOMPOK

Berpikir kritis:

klasifikasi dasar diharapkan:

- Merumuskan pertanyaan
- Menentukan masalah utama

Sikap ilmiah:

sikap ingin tahu diharapkan:

- Antusias mencari jawaban
- Memperhatian objek permasalahan

Berdasarkan wacana 1, 2, dan 3 mengenai pencemaran lingkungan diatas. Silahkan tuliskan rumusan berupa sebuah pertanyaan yang berhubungan dengan permasalahan pada wacana 1, 2, dan 3 mengenai pencemaran lingkungan. Setiap kelompok membuat 3 rumusan pertanyaan berdasarkan pokok bahasan yang didapatkan.

Kelompok	Rumusan Pertanyaan
Kelompok Pencemaran Air 1	1. 2. 3.
Kelompok Pencemaran Air 2	1. 2. 3.

Kelompok Pencemaran Tanah	3	1.
		2.
		3.
Kelompok Pencemaran Tanah	4	1.
		2.
		3.
Kelompok Pencemaran Udara	5	1.
		2.
		3.
Kelompok Pencemaran Udara	6	1.
		2.
		3.

C. Membimbimbing Penyelidikan Individu atau Kelompok



Setelah merumuskan permasalahan, silahkan melakukan studi literature.



Setelah masing-masing kelompok mengerjakan tugasnya, silahkan setiap kelompok bertukar informasi atau data terkait pokok bahasan yang didapatkan pada kelompok lainnya.

KELOMPOK

Berpikir kritis:

dukungan dasar diharapkan:

- Mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber

Sikap ilmiah:

sikap berpikir terbuka & bekerjasama diharapkan:

- Menghargai pendapat teman
- Menerima saran teman
- Tidak merasa selalu benar
- Berpartisipas aktif dalam kelompok

Berdasarkan rumusan permasalahan yang telah di buat, silahkan melakukan kegiatan studi literature untuk menemukan jawab dari pertanyaan yang sudah kalian rumuskan pada kegiatan sebelumnya.

Pencemaran Air

Rumusan Pertanyaan

Uraian Jawaban

1.	
2.	
3.	

Pencemaran Tanah

Rumusan Pertanyaan	Uraian Jawaban
1.	
2.	
3.	

Pencemaran Udara

Rumusan Pertanyaan	Uraian Jawaban
1.	
2.	
3.	

BAHAN AJAR TAMBAHAN 1

A. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya zat energi, makhluk hidup, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan (air, tanah, udara) atau terjadinya perubahan tatanan lingkungan akibat kegiatan manusia atau proses alam, sehingga menyebabkan kualitas lingkungan menjadi turun hingga membuat lingkungan tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

B. Sumber-Sumber Pencemaran

Berdasarkan sifat zat pencemar, pencemaran lingkungan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu sebagai berikut.

1. Pencemaran Fisika

Pencemaran fisika merupakan pencemaran yang disebabkan oleh zat cair, padat, atau gas. Zat cair yang dapat menyebabkan pencemaran misalnya limbah rumah tangga, keluarga, dan limbah pabrik, sedangkan zat padat atau gas yang menyebabkan pencemaran misalnya asap pabrik, asap rokok, dan asap kendaraan bermotor.

2. Pencemaran Kimia

Pencemaran kimiawi merupakan pencemaran yang disebabkan oleh zat-zat kimia, misalnya logam berat dan limbah pabrik seperti raksa, timbal.

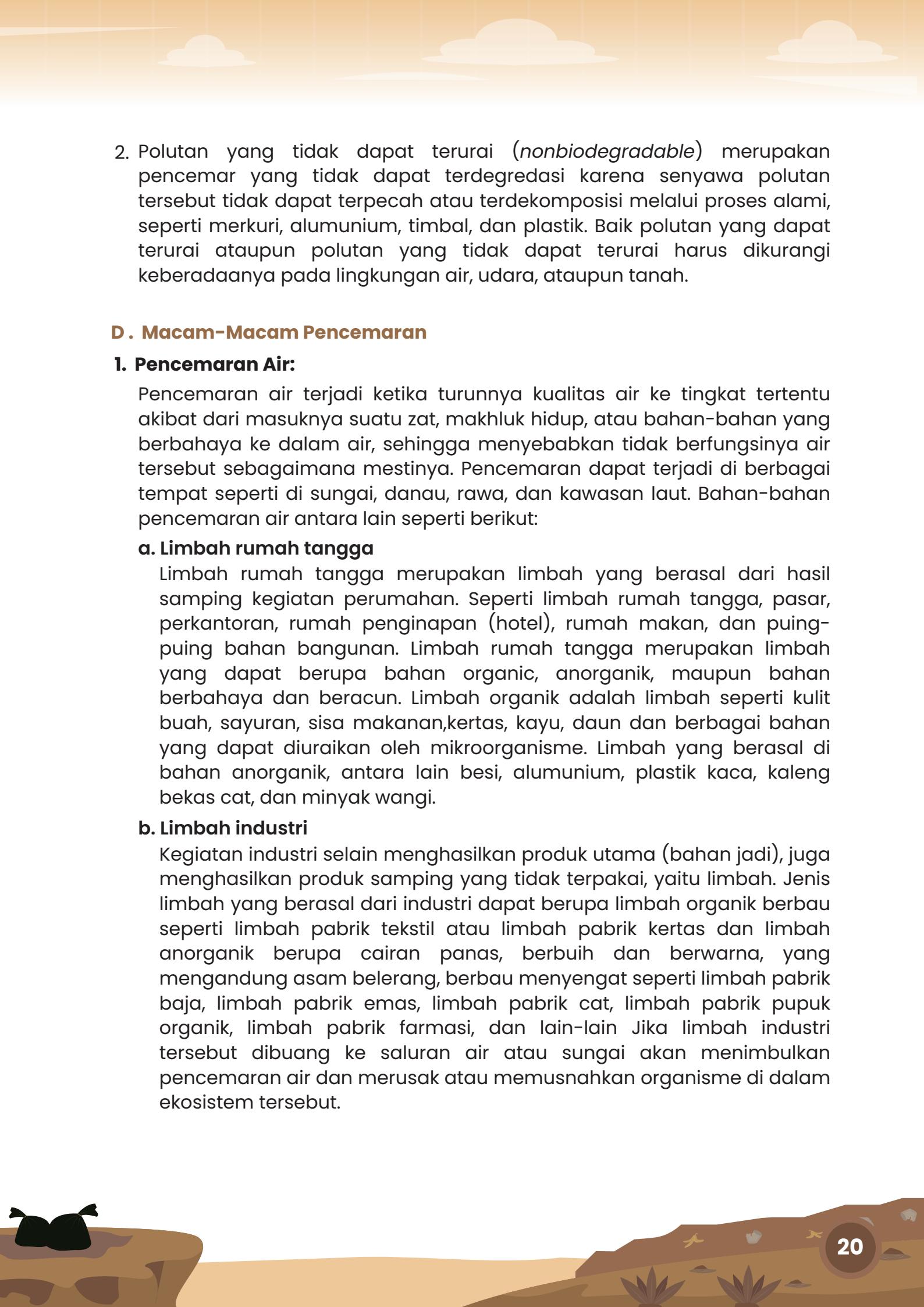
3. Pencemaran Biologis

Pencemaran biologis disebabkan oleh berbagai macam mikroorganisme penyebab penyakit.

C. Bahan Pencemaran dan Penyebarannya

Jika ditinjau berdasarkan sifatnya, polutan dibagi menjadi dua jenis, yaitu polutan yang dapat terurai (*biodegradable*) dan polutan yang tidak dapat terurai (*nonbiodegradable*).

1. Polutan yang dapat terurai merupakan jenis polutan yang dapat terdegradasi, didekomposisi, dirombak atau dihilangkan karena memiliki struktur kimia yang sederhana. Polutan yang dapat terurai (*biodegradable*) dibagi menjadi dua jenis yaitu polutan yang dapat terurai dengan cepat dan polutan yang peroses penguraiannya membutuhkan waktu yang lebih lama. Contoh polutan yang terurai dengan cepat adalah limbah kotoran manusia, limbah kotoran hewan, dan limbah Perkebunan. Sedangkan contoh polutan yang terurai lebih lama yaitu radioaktif, senyawa sintetis, atau DDT (*dikloro difenil trikloroetana*).

- 
- Polutan yang tidak dapat terurai (*nonbiodegradable*) merupakan pencemar yang tidak dapat terdegradasi karena senyawa polutan tersebut tidak dapat terpecah atau terdekomposisi melalui proses alami, seperti merkuri, alumunium, timbal, dan plastik. Baik polutan yang dapat terurai ataupun polutan yang tidak dapat terurai harus dikurangi keberadaanya pada lingkungan air, udara, ataupun tanah.

D. Macam-Macam Pencemaran

1. Pencemaran Air:

Pencemaran air terjadi ketika turunnya kualitas air ke tingkat tertentu akibat dari masuknya suatu zat, makhluk hidup, atau bahan-bahan yang berbahaya ke dalam air, sehingga menyebabkan tidak berfungsinya air tersebut sebagaimana mestinya. Pencemaran dapat terjadi di berbagai tempat seperti di sungai, danau, rawa, dan kawasan laut. Bahan-bahan pencemaran air antara lain seperti berikut:

a. Limbah rumah tangga

Limbah rumah tangga merupakan limbah yang berasal dari hasil samping kegiatan perumahan. Seperti limbah rumah tangga, pasar, perkantoran, rumah penginapan (hotel), rumah makan, dan puing-puing bahan bangunan. Limbah rumah tangga merupakan limbah yang dapat berupa bahan organic, anorganik, maupun bahan berbahaya dan beracun. Limbah organik adalah limbah seperti kulit buah, sayuran, sisa makanan, kertas, kayu, daun dan berbagai bahan yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Limbah yang berasal di bahan anorganik, antara lain besi, alumunium, plastik kaca, kaleng bekas cat, dan minyak wangi.

b. Limbah industri

Kegiatan industri selain menghasilkan produk utama (bahan jadi), juga menghasilkan produk samping yang tidak terpakai, yaitu limbah. Jenis limbah yang berasal dari industri dapat berupa limbah organik berbau seperti limbah pabrik tekstil atau limbah pabrik kertas dan limbah anorganik berupa cairan panas, berbuih dan berwarna, yang mengandung asam belerang, berbau menyengat seperti limbah pabrik baja, limbah pabrik emas, limbah pabrik cat, limbah pabrik pupuk organik, limbah pabrik farmasi, dan lain-lain. Jika limbah industri tersebut dibuang ke saluran air atau sungai akan menimbulkan pencemaran air dan merusak atau memusnahkan organisme di dalam ekosistem tersebut.

c. Limbah bahan berbahaya dan beracun

Limbah bahan berbahaya dan beracun, antara lain timbul akibat adanya kegiatan pertanian berupa obat-obatan pembasmi hama penyakit (pestisida misalnya insektisida) dan pupuk organik, misalnya urea. Bagaimana insektisida atau urea dapat menimbulkan pencemaran air? Jika kita membuang insektisida di lingkungan sungai atau danau, maka lingkungan perairan tersebut akan tercemar dan terjadi kerusakan, bahkan yang lebih parah lagi terjadi kepunahan kehidupan di dalam ekosistem tersebut. Hal itu disebabkan setiap jenis makhluk hidup memiliki kemampuan beradaptasi berbeda terhadap pencemaran. Ada sebagian makhluk hidup yang langsung mati dan sebagian makhluk hidup lain yang masih mampu bertahan terhadap pencemaran, tetapi di dalam tubuhnya terkandung bahan beracun.

2. Pencemaran Tanah

Pencemaran pada tanah dapat disebabkan oleh limbah organik dan limbah anorganik.

- a. Contoh limbah anorganik yang dapat menyebabkan pencemaran tanah seperti minyak tanah yang tumpah ke tanah, penggunaan pestisida yang menggunakan dosis yang berlebihan, dan merembesnya zat-zat kimia berbahaya akibat produksi industri.
- b. Pencemaran pada tanah juga disebabkan oleh limbah organik seperti kotoran hewan, sampah daun, sampah kertas, dan sisa-sisa makanan. Semua sampah organik tersebut dapat didegradasi oleh mikrorganisme yang hidup di tanah hingga terbentuk humus, mineral, dan gas.
- c. Pada bidang pertanian, pestisida merupakan substansi yang digunakan untuk membunuh berbagai hama tanaman pertanian yang sering menyebabkan penyakit pada tanaman. Jika pestisida digunakan secara berlebihan maka akan berpotensi untuk terserap ke dalam tanah, sehingga dapat membunuh organisme yang terdapat di tanah seperti cacing tanah dan dapat merusak struktur tanah. Akibatnya, kesuburan tanah berkurang dan tidak dapat di tanami jenis tanaman tertentu karena hara tanah semakin berkurang.

3. Pencemaran Udara

Bumi memiliki udara dengan komposisi yang terdiri dari 78% gas nitrogen, 21% oksigen, 0,93% gas argon, 0,032% gas karbon dioksida, dan kandungan gas lainnya. Komposisi gas dengan presentases tersebut merupakan komposisi yang tepat untuk mendukung kehidupan di bumi. Jika jumlah pada setiap gas tersebut mengalami pengurangan atau penambahan maka akan menyebabkan ketidakseimbangan komposisi atmosfer di bumi yang berdampak pada permasalahan lingkungan ataupun gangguan bagi makhluk hidup.

a. Karbonmonoksida (CO)

Gas ini merupakan hasil gas buangan dari mobil dan truk. Gas ini juga akan berdampak buruk bagi kesehatan jika terhirup oleh manusia. Karbon monoksida dapat berikatan dengan hemoglobin yang terdapat dalam darah, sehingga terbentuk senyawa yang tidak stabil yang disebut juga sebagai karboksihemoglobin (HbCO). Karboksihemoglobin akan berpengaruh terhadap penurunan kemampuan darah dalam mengikat oksigen.

b. Karbondioksida (CO₂)

Gas karbon dioksida merupakan penyebab pencemaran udara yang paling menonjol. Karbon dioksida dapat dihasilkan oleh berbagai hasil pembakaran seperti pabrik, mesin yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batubara), kapal, mobil, kendaraan bermotor, kapal, dan pembakaran kayu atau sampah plastik. Semakin meningkat konsentrasi CO₂ maka akan semakin tinggi resiko terjadinya efek rumah kaca.

c. Klofluorokarbon (CFC)

Klofluorokarbon (CFC) merupakan salah satu bahan pencemar udara yang tersusun atas tiga unsur yaitu klor (Cl), fluor (F), dan karbon (C). CFC memiliki sifat yang tidak mudah terbakar, tidak memiliki bau, dan tidak mudah bereaksi dengan senyawa lain. CFC merupakan gas yang sering dimanfaatkan sebagai pendorong botol kaleng semprot seperti pada parfum. CFC memiliki dampak negatif terhadap atmosfer, karena menyebabkan pembentukan lubang ozon.

d. Sulfur dioksida dan Nitrogen oksida

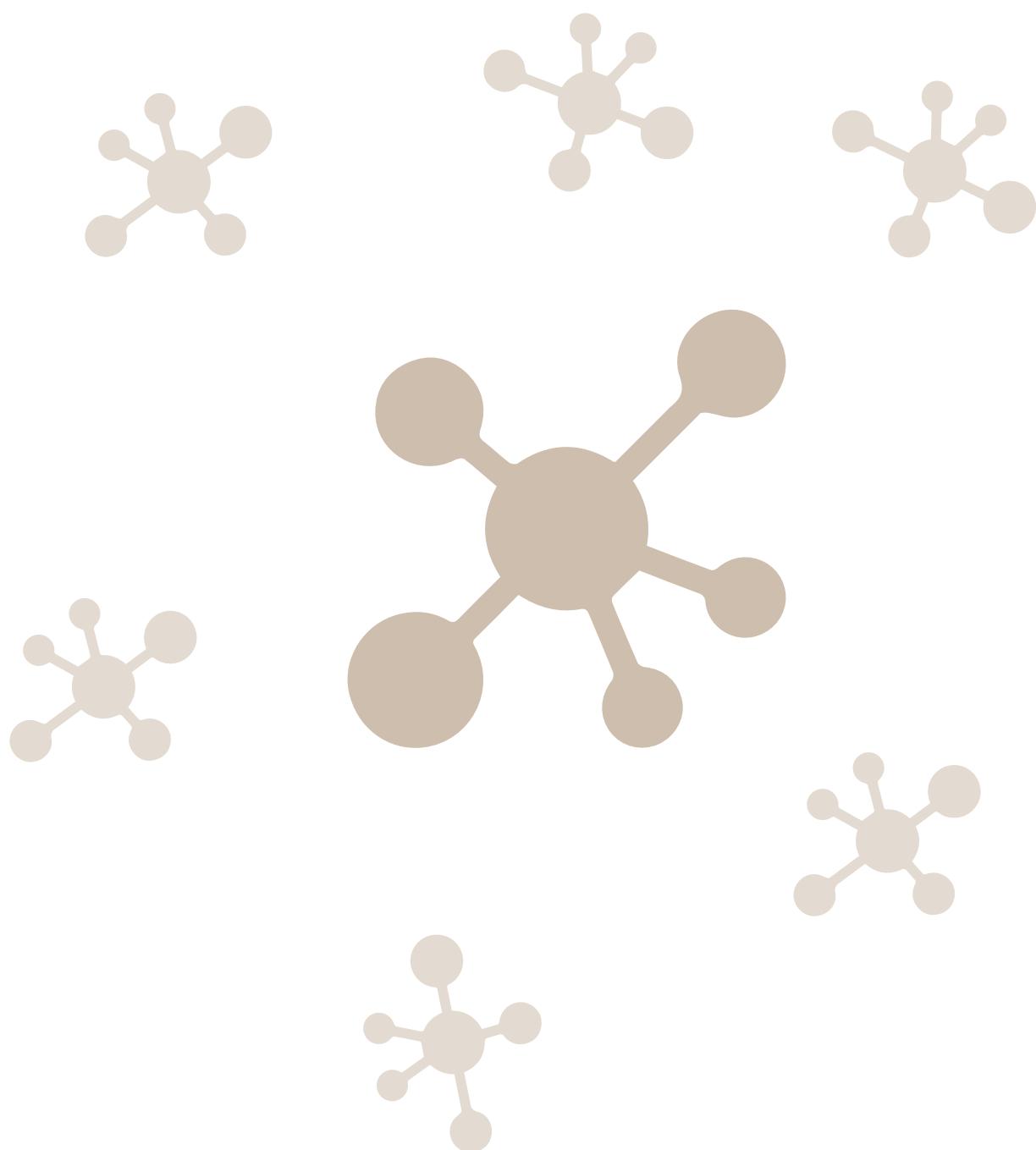
Sulfur oksida tersusun atas SO₂ dan SO₃. Gas SO₂ memiliki sifat bau yang menyengat dan tidak mudah terbakar. Gas SO₃ merupakan gas yang bersifat reaktif. Jika gas SO₃ bereaksi dengan gas nitrogen dan uap air maka akan menghasilkan asam sulfat (H₂SO₄) yang berdampak terjadinya hujan asam dan menyebabkan korosi logam. Nitrogen oksida terdapat dua jenis yaitu nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Gas nitrogen dioksida dihasilkan dari hasil pembakaran pada mesin kendaraan bermotor, generator pembangkit listrik, pembakaran sampah, dan lain-lain.

e. Asap

Asap merupakan salah satu penyebab bahan pencemar pada udara. Asap terdiri atas partikel kecil karbon (C) dan tar yang terbentuk dari hasil pembakaran batu bara pada bidang industri atau pembangkit listrik. Tar memiliki kandungan bahan kimia yang bersifat karsinogen yang berdampak pada penyakit kanker.

f. Partikulat

Pabrik yang memiliki mesin diesel dapat menghasilkan gas buangan dan partikel-partikel yang memiliki ukuran mikroskopis yang dilapisi hidrokarbon. Partikel ini akan berdampak buruk bagi kesehatan manusia khususnya dapat menyebabkan penyakit paru-paru, enfisema, bronchitis, dan penyakit pernapasan lainnya.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

A. Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya



Silahkan setiap kelompok memperhatikan wacana, alat & bahan serta langkah kerja percobaan mengenai "Pengaruh pH Air terhadap Pernapasan Ikan".



Lakukan percobaan mengenai "Pengaruh pH Air terhadap Pernapasan Ikan" dengan teliti.



Setelah melakukan percobaan silahkan bersama anggota kelompoknya menjawab pertanyaan sesuai dengan hasil data percobaan yang telah kalian lakukan.

KELOMPOK

Berpikir kritis:

dukungan dasar diharapkan:

- Membuat hasil observasi/ pengamatan

Sikap ilmiah:

sikap ketekunan diharapkan:

- Melakukan tahapan yang benar pada kegiatan pembelajaran/ pengamatan
- Melakukan pengamatan dengan benar
- Menyelesaikan semua tugas yang disajikan di LKPD

Perhatikan wacana mengenai pencemaran lingkungan berikut!

Kematian Ikan Secara Mendadak di Sungai Daerah Bantul



Ikan-ikan di Sungai Opak Dusun Ngablak, Sitimulyo, Bantul ditemukan mati. Sungai itu diduga tercemar limbah pabrik pengolahan kulit dan rembesan tempat pembuangan akhir (TPA). Ikan-ikan tersebut terlihat mengambang, warga yang tinggal

di pinggiran sungai turun mengambil serta kejadian ini pertama kali terjadi. Selokan yang berada persis di pinggir jalan ini menjadi area buangan limbah rumah tangga.

Limbah pabrik pengolahan kulit, dan rembesan air sampah dari TPA Piyungan. Jenis ikan yang mati antara lain lele, wader, dan bawal. Rata-rata warga memperoleh sekitar 5-6 kilogram ikan yang mati. Sekretaris Dinas Lingkungan Hidup Bantul mengaku sudah menurunkan tim untuk melakukan penelitian dan mengetahui penyebab matinya ikan di sungai di sisi timur Bantul. Kasus matinya ikan di sungai di Bantul terjadi setiap tahun terutama di Sungai Bedog akibat limbah industri penggilingan tebu pabrik gula. Hingga saat ini belum ada penanganan atas masalah ini.

Pembuangan limbah industri yang dilakukan terus menerus sangat berbahaya bagi lingkungan karena limbah industri mengandung zat toksis yang berbahaya serta dapat merubah kondisi abiotic lingkungan, salah satunya yaitu terjadi perubahan derajat keasaman atau pH air sungai tersebut. Dari hasil pengukuran pH air sungai diketahui berkisar antara 5-5.8 yang dikategorikan air berpH asam. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7-8.5 (Warlina, 2004). pH yang terlalu rendah mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen di dalam air sehingga proses pernapasan pada ikan dipercepat dengan tujuan agar ikan dapat lebih banyak mengikat oksigen, namun justru hal tersebut membuat tubuh ikan keracunan karena air yang memiliki pH asam masuk ke dalam tubuh ikan sehingga menyebabkan ikan mati. Yang menjadi pertanyaan, apakah benar bahwa ikan dapat mati disebabkan oleh pH air yang asam? apakah pH asam berpengaruh terhadap kecepatan pernapasan ikan? Untuk mengetahuinya, mari kita lakukan percobaan "Pengaruh pH Air Terhadap Pernapasan Ikan" pada kegiatan berikut ini.

"Pengaruh pH Air terhadap Pernapasan Ikan"

No.	Alat dan Bahan
1.	Gelas plastik transparan (3 buah)
2.	Gelas Kimia (1 buah)
4.	Air dengan pH normal (air sumur 250 ml)
5.	Air dengan pH basa (air detergen 250 ml)
3.	Air dengan pH asam (larutan air cuka 250 ml)
6.	Batang Pengaduk (1 buah)
7.	Label Kertas (secukupnya)
8.	Ikan mas/nila kecil yang ukurannya relatif sama (3 ekor)
9.	Stopwatch (1 buah)
10.	Kertas Indikator pH (3 buah)

No.	Langkah Kerja
1.	Siapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan dalam percobaan
2.	Siapkanlah 3 jenis air (air sumur, air detergen, dan air cuka) pada wadah gelas plastik transparan
3.	Ukurlah pH pada 3 jenis air tersebut menggunakan kertas indikator pH
4.	Berilah label pada 3 jenis sampel air tersebut beserta pH nya masing-masing pada wadah yang telah disediakan
5.	Masukkan air yang telah disediakan sebanyak 250 ml dengan menggunakan gelas kimia ke dalam masing-masing wadah sesuai dengan pH pada setiap sampel
6.	Ambilah 3 ekor ikan mas/nila dengan ukuran relatif sama dan letakkan masing-masing 1 ekor pada wadah yang telah diberi tanda sebelumnya yaitu (1,2,3)
7.	Hidupkanlah stopwatch secara bersamaan untuk menghitung waktu pergerakan operkulum ikan
8.	Hitunglah jumlah pergerakan operkulum ikan selama 15 detik, 30 detik dan 45 detik
9.	Amati apa yang terjadi pada ikan (kondisi ikan)

Tabel 1. Hasil Percobaan

Sampel	pH air	Jumlah Pergerakan Operkulum Ikan pada detik ke-			Kondisi Ikan
		Detik 15	Detik 30	Detik 45	
I (air sumur)					
II (air detergen)					
III (air cuka)					

Silahkan jawab pertanyaan berikut dengan teliti, tekun dan seksama!

KELOMPOK

Berpikir kritis:
inferensi diharapkan:

- Menguraikan argument dan alasan
- Memberikan alasan dari penyelidikan
- Menyusun & mempertimbangkan deduksi & induksi

Sikap ilmiah:
sikap berpikir secara kritis diharapkan:

- Aktif untuk menyelidiki data dan fakta pada setiap kegiatan
- Bertanya dan berdiskusi secara aktif untuk menemukan bukti dan alasan

1

Berdasarkan percobaan di atas bagaimana pergerakan operkulum ikan, apakah meningkat atau menurut? Mengapa hal tersebut terjadi? (Berikan alasan)

Jawaban:

2

Berdasarkan hasil percobaan, buatlah sebuah grafik hubungan antara pH air dengan jumlah pergerakan operkulum ikan!

Jawaban:

3

Berdasarkan perbedaan kondisi ikan pada setiap sampel percobaan, adakah pengaruh perubahan pH air terhadap kondisi ikan tersebut? Jelaskan!

Jawaban:

4

Berdasarkan hasil percobaan tersebut, apa yang dapat kamu simpulkan?

Jawaban:

5

Apabila sebuah perairan terkena limbah dari detergen ataupun limbah lainnya, apakah hal tersebut dapat dikatakan tercemar? Tulislah 3 ciri-ciri air yang tercemar!

Jawaban:

B. Menganalisis dan Mengevaluasi Hasil Pemecahan Masalah



Bersama kelompok kalian, silahkan berdiskusi untuk menjawab pertanyaan dibawah ini!



Setiap kelompok manjawab pertanyaan sesuai dengan pokok bahasan yang didapatkan (air, tanah, udara)



Setelah menjawab pertanyaan mengenai pokok bahasan kelompoknya, silahkan mencari informasi atau sharing terkait jawaban pada pokok bahasan yang lain.

KELOMPOK

Berpikir kritis:

penjelasan lanjut diharapkan:

- Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi
- Mengidentifikasi asumsi

Sikap ilmiah:

respek terhadap data, fakta dan bukti ilmiah diharapkan:

- Jujur dan objektif
- Tidak melakukan manipulasi data
- Membedakan antara fakta dan pendapat/asumsi

Berdasarkan ketiga wacana sebelumnya mengenai pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran udara. Lakukan kegiatan diskusi kelompok untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan terkait ketiga wacana tersebut sesuai dengan pokok bahasan yang didapatkan!

Pokok Bahasan Pencemaran Air

KELOMPOK

Berpikir kritis:

Strategi dan Teknik diharapkan:

- Merumuskan alternatif solusi

Sikap ilmiah:

menemukan dan berpikir kreatif
diharapkan:

- Memberikan solusi kreatif atas sajian permasalahan
- Memberikan gagasan dan usulan yang kreatif dan inovatif

1 Dari wacana 1 mengenai pencemaran air diatas, indikator apa saya yang kalian ketahui untuk mengukur kualitas air? Sebutkan dan jelaskan!

Jawab:

2 Berdasarkan tabel hasil penelitian pada wacana 1 pencemaran air, bagaimana kualitas air lindi yang ada di TPA Piyungan berdasarkan parameter pada tabel tersebut? Jelaskan!

Jawab:

3

Apakah kualitas air lindi di TPA Piyungan sudah memenuhi baku mutu air?

Jawab:

4

Apa yang menyebabkan BOD, COD, dan TDS mengalami kenaikan? Jelaskan!

Jawab:

- 5 Berdasarkan wacana 1 mengenai pencemaran air, apa penyebab dan dampak dari pencemaran air tersebut serta bagaimana solusi/cara kalian menanggulangi masalah pencemaran air tersebut?

Jawab:



Pokok Bahasan Pencemaran Tanah

KELOMPOK

Berpikir kritis:

Strategi dan Teknik diharapkan:

- Merumuskan alternatif solusi

Sikap ilmiah:

menemukan dan berpikir kreatif

diharapkan:

- Memberikan solusi kreatif atas sajian permasalahan
- Memberikan gagasan dan usulan yang kreatif dan inovatif

- 1 Dari wacana 2 mengenai pencemaran tanah diatas, indikator apa saja yang kalian ketahui untuk mengukur kualitas tanah? Sebutkan dan jelaskan!

Jawab:

- 2 Berdasarkan tabel hasil penelitian pada wacana 2 pencemaran tanah, bagaimana kualitas tanah di kedua tempat (sebelum dan sesudah) TPA Piyungan berdasarkan parameter pada tabel tersebut? Jelaskan!

Jawab:

3

Apakah kualitas air tanah di TPA Piyungan sudah memenuhi baku mutu tanah?

Jawab:

4

Berdasarkan wacana 2 mengenai pencemaran tanah, apa penyebab dan dampak dari pencemaran tanah tersebut serta bagaimana solusi/cara kalian menanggulangi masalah pencemaran tanah?

Jawab:

Pokok Bahasan Pencemaran Udara

KELOMPOK

Berpikir kritis:

Strategi dan Teknik diharapkan:

- Merumuskan alternatif solusi

Sikap ilmiah:

menemukan dan berpikir kreatif
diharapkan:

- Memberikan solusi kreatif atas sajian permasalahan
- Memberikan gagasan dan usulan yang kreatif dan inovatif

1 Dari wacana 3 mengenai pencemaran udara diatas, indikator apa saja yang kalian ketahui untuk mengukur kualitas udara? Sebutkan dan jelaskan!

Jawab:

2 Berdasarkan tabel hasil penelitian pada wacana 3 pencemaran udara, bagaimana kualitas udara ambien di TPA Piyungan berdasarkan parameter pada tabel tersebut? Jelaskan!

Jawab:

3

Apakah kualitas udara ambien di TPA Piyungan sudah memenuhi baku mutu udara?

Jawab:

4

Berdasarkan wacana 3 mengenai pencemaran udara, apa penyebab dan dampak dari pencemaran udara tersebut serta bagaimana solusi/cara kalian menanggulangi masalah pencemaran udara?

Jawab:



Sekilas Info

Tahukah kamu bahwa 80% sampah di laut adalah plastik, 12 juta barel minyak dan 14 juta pohon untuk membuat plastik serta 27.000 batang kayu tiap hari digunakan untuk membuat kertas

Kegiatan Refleksi

- 1 Apa kesulitan dan hambatan yang kalian rasakan selama proses pembelajaran pada materi pencemaran lingkungan? Lalu hal apa yang kalian lakukan untuk mengatasi kesulitan maupun hambatan tersebut!

Jawab:

- 2 Berikan kritik dan saran untuk saya selama proses kegiatan pembelajaran.

Jawab:

BAHAN AJAR TAMBAHAN 2

A Dampak Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan banyak menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan dan makhluk hidup. Berikut penjelasan mengenai dampak negatif akibat terjadinya pencemaran lingkungan:

1. Punahnya spesies

Semakin tingginya tingkat pencemaran lingkungan maka akan semakin membahayakan makhluk hidup atau organisme lainnya. Setiap organisme atau makhluk hidup mempunyai daya tahan hidup yang berbeda-beda dalam menghadapi tingkat pencemaran, sehingga terdapat beberapa organisme yang sangat rentan dan peka terhadap polutan seperti hewan muda dan larva. Namun, terdapat beberapa organisme yang mampu bertahan terhadap polutan, walaupun organisme tersebut memiliki tingkat adaptasi yang terbatas. Kematian bagi organisme akan tetap terjadi jika sudah tidak mampu lagi beradaptasi terhadap polutan (Zulkifli, 2014:54).

2. Gangguan keseimbangan lingkungan

Jika terjadi kepunahan spesies tentunya akan mengganggu pola interaksi pada sebuah ekosistem. Jika terdapat satu spesies yang menghilang dalam suatu ekosistem maka akan mengganggu pola interaksi antar organisme, jaring-jaring makanan, rantai makanan, dan aliran energi pada ekosistem tersebut. Hal ini akan berdampak terjadinya ketidakseimbangan populasi. Ketidakseimbangan populasi pada ekosistem dapat terjadi berupa penurunan populasi pada suatu spesies dan ledakan populasi pada spesies yang lain. Terjadinya ketidakseimbangan populasi ini akan mengganggu keseimbangan lingkungan, daur biogeokimia, dan daur materi pada suatu ekosistem (Zulkifli, 2014:54).

3. Keracunan dan penyakit

Pencemaran juga dapat menyebabkan keracunan dan menimbulkan penyakit bagi makhluk hidup. Jika mengkonsumsi makanan yang mengandung bahan yang sudah tercemar akan berdampak terhadap keracunan. Keracunan pada seseorang akan berdampak buruk bagi kesehatan seperti menyebabkan cacar pada keturunan, kerusakan fungsi organ, dan berujung pada kematian. Pencemaran secara biologi akan membawa berbagai penyakit ke lingkungan terbuka. (Zulkifli, 2014:54).

4. Ledakan hama

Pemakaian insektisida pada bidang pertanian bukan hanya untuk membunuh hama, namun juga dapat membunuh predator. Jika predator

alami menjadi punah, maka populasi serangga hama akan semakin meningkat. Penggunaan insektisida secara terus menerus juga akan menyebabkan beberapa spesies serangga hama menjadi lebih resisten, sehingga memiliki kekebalan terhadap insektisida. Semakin lama diperlukan dosis yang lebih tinggi untuk memberantas hama maka insektisida akan semakin mencemari lingkungan (Zulkifli, 2014:54).

5. Kesuburan tanah berkurang

Semakin meningkatnya penggunaan insektisida untuk membunuh serangga maka akan berpotensi untuk organisme tanah yang berperan untuk menyuburkan tanah. Penggunaan pupuk kimia yang dilakukan pada bidang pertanian dalam jangka panjang juga akan mengakibatkan tanah menjadi asam, sehingga kesuburan tanah akan menurun. Maka untuk menjaga kesuburan tanah pada bidang pertanian sebaiknya dilakukan beberapa hal seperti penggunaan pupuk organik atau pupuk kandang, implementasi sistem pertanian tumpang sari, dan melakukan sistem rotasi tanaman. Rotasi tanaman merupakan sistem penanaman yang menggunakan tanaman yang berbeda secara bergantian di satu lahan yang sama. Sistem tanaman ini berperan untuk mengurangi terjadinya pengambilan zat hara yang sama secara terus menerus di dalam tanah pada lahan tersebut (Zulkifli, 2014:54)

6. Pemekatan hidup

Merupakan proses peningkatan kadar bahan pencemar yang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup atau disebut juga dengan istilah (biomagnification). Karena bahan pencemar mampu mencemari lingkungan melalui perantara rantai makanan dan jaring-jaring makanan. Contoh kasusnya terjadi ketika bahan pencemaran yang beracun dibuang ke perairan terbuka, sehingga meresap masuk ke dalam tubuh alga. Kemudian, alga tersebut dikonsumsi oleh udang kecil. Selanjutnya, udang tersebut dikonsumsi oleh ikan. Ketika ikan tersebut ditangkap oleh manusia dan kemudian dikonsumsi, maka bahan beracun tersebut akan masuk ke dalam tubuh manusia (Campbell, 2010:423).

7. Efek rumah kaca

Adapun dampak pencemaran lingkungan berikutnya adalah efek rumah kaca. Efek rumah kaca disebabkan oleh peningkatan kadar CO₂ di atmosfer yang disebabkan oleh semakin meningkatnya pencemaran gas CO₂ akibat dari proses pembakaran. Gas CO₂ dihasilkan oleh berbagai sumber seperti pembangkit tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar fosil, gas buang kendaraan bermotor, kebakaran hutan, dan proses alamiah lainnya yang memproduksi CO₂. Semakin meningkatnya kadar CO₂ di atmosfer maka akan menghalangi proses keluarnya panas atau radiasi dari bumi. Kemudian, panas akan terperangkap di dalam bumi dan membuat suhu permukaan bumi menjadi semakin panas (Campbell, 2010:426).

8. Penipisan lapisan ozon

Merupakan salah satu dampak dari pencemaran lingkungan yang menjadi permasalahan global. Penipisan lapisan ozon tentunya disebabkan oleh gas CFC yang biasanya dihasilkan oleh pendingin ruangan, gas freon, dan penggunaan botol spray. Jika gas CFC bereaksi dengan lapisan ozon maka akan menyebabkan penipisan pada lapisan ozon. Semakin tipis lapisan ozon maka akan semakin meningkat radiasi cahaya ultraviolet yang masuk ke permukaan bumi dan berpotensi memicu terjadi mutasi genetik bagi yang terpapar. Paparan radiasi ini juga dapat menyebabkan penyakit kanker kulit dan katarak pada mata manusia. Kemudian radiasi ultraviolet ini juga akan mengakibatkan berbagai tumbuhan yang terpapar menjadi lebih kerdil dan kematian pada alga di lautan (Campbell, 2010:427)

B. Parameter Kualitas Limbah

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

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah ukuran kandungan oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme di dalam air untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam air. Apabila kandungan oksigen dalam air menurun, kemampuan mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan buangan organik akan menurun pula. BOD ditentukan dengan mengukur 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.

2. 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 industry.

3. DO (*Dissolved 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.

4. pH

Nilai pH limbah cair adalah ukuran keasaman atau kebasaan limbah. Air yang tidak tercemar memiliki pH antara 6,5-7,5. Sifat air tergantung pada besar kecilnya pH. Air yang memiliki pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang memiliki pH lebih besar dari pH normal akan bersifat basa. 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.

C. Pengurangan Limbah Padat (Sampah)

Dalam meminimalisasi sampah hasil limbah rumah tangga khususnya, dapat dilakukan upaya pengurangan sampah. Cara menangani limbah cair dan padat diharapkan tidak menyebabkan polusi dengan prinsip ekologi yang dikenal dengan istilah 4R, yaitu *recycle, reuse, reduce, dan repair*.

1. Recycle (Pendaurulangan)

Proses *recycle* misalnya untuk sampah yang dapat terurai dijadikan kompos. Kompos ini dipadukan dengan pemeliharaan cacing tanah, sehingga dapat diperoleh hasil yang baik.

2. Reuse (Penggunaan Ulang)

Proses *reuse* dilakukan untuk sampah yang tidak dapat terurai dan dapat dimanfaatkan ulang. Misalnya botol bekas sirup dapat digunakan lagi untuk menyimpan air minum.

3. Reduce (Mengurangi)

Reduce adalah melakukan pengurangan bahan/penghematan. Contohnya jika akan berbelanja ke pasar atau supermarket, sebaiknya dari rumah membawa tas. Janganlah meminta tas plastik dari toko atau supermarket kalau akhirnya hanya dibuang saja.

4. Repair (Memelihara)

Proses *reuse* dilakukan untuk sampah yang tidak dapat terurai dan dapat dimanfaatkan ulang. Misalnya botol bekas sirup dapat digunakan lagi untuk menyimpan air minum.

D. Penangan Limbah Padat (Sampah)

1. Penimbunan tanah (*landfill*)

Tumpukan sampah dari rumah tangga dan pasar dapat digunakan untuk menimbun tanah yang agak rendah dengan cara diratakan, dipadatkan lalu ditimbun dengan tanah untuk mempercepat peguraian dan tidak menimbulkan bau. Namun demikian, cara ini tidak menjamin keamanan bagi lingkungan karena sering menimbulkan pencemaran air tanah yang bersumber dari lindi (air rembesan sampah).

2. Penimbunan limbah padat dengan tanah secara berlapis (*sanitary landfill*)

Penimbunan limbah padat dengan cara ini dilakukan secara terencana dan dilengkapi sistem pengaman agar tidak mencemari lingkungan. Di area cekungan pembuangan sampah, dibangun dinding yang kedap air, dipasang pipa penyalur gas metana, dan saluran drainase untuk menampung limbah yang dihasilkan. Setelah tumpukan sampah mencapai ketinggian tertentu, tumpukan sampah dipadatkan dan ditutup dengan lapisan tanah setebal 10-15 % dari ketebalan lapisan sampah untuk mencegah berkembangnya vektor penyakit serta penyebaran debu dan sampah ringan yang dapat mencemari lingkungan sekitarnya. Di atas lapisan tanah penutup, dapat dihamparkan sampah lagi, kemudian ditimbun lapisan tanah kembali, sehingga terbentuk lapisan-lapisan sampah dan tanah. Jika tempat pembuangan sudah mencapai kapasitas maksimum, lapisan tanah penutup terakhir setinggi 60 cm atau lebih ditimbun di atas lapisan sampah untuk mencegah terjadinya polusi udara di lingkungan sekitarnya.

3. Pembakaran (*incineration*)

Pembakaran sampah akan menghasilkan abu. Pembakaran sampah juga menimbulkan panas dan asap sehingga sebaiknya dilakukan di tempat yang jauh dari permukiman. Namun, tidak semua sampah dapat musnah jika dibakar, misalnya kaleng, logam, kaca, dan besi, sehingga diperlukan alat pembakar sampah yang bertemperatur tinggi (*incinerator*) untuk menghancurnyanya.

4. Penghancuran (*pulverisation*)

Sampah yang terkumpul dihancurkan dengan alat hingga menjadi potongan-potongan kecil, kemudian dipakai untuk menimbun tanah yang rendah.

5. Pengomposan (*composting*)

Sampah-sampah organik (dedaunan, sisa sayuran, kulit buah, kotoran hewan dibusukkan dengan menggunakan bakteri hingga menjadi pupuk kompos.

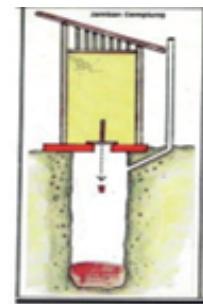
E. Penanganan Limbah Cair

1. Sistem Penanganan Limbah Cair Domestik

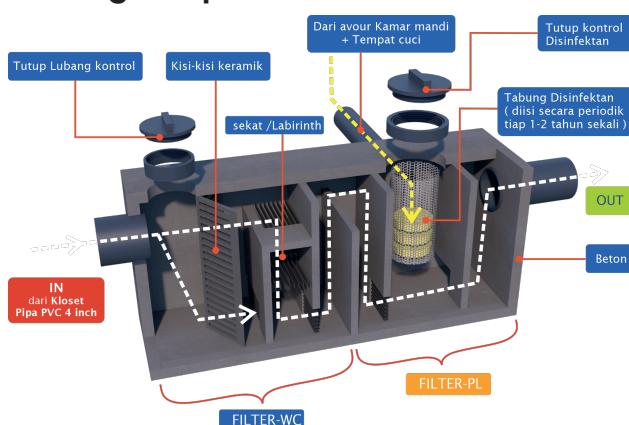
Limbah cair domestik ada yang berbahaya, ada pula yang tidak berbahaya. Limbah cair yang tidak berbahaya, misalnya air bekas cucian beras dan sayuran, dapat dimanfaatkan untuk menyirami tanaman. Pada bagian ini, kita akan membahas lebih banyak tentang limbah cair berbahaya, yaitu tinja manusia. Penanganan tinja manusia dapat dilakukan melalui metode berikut:

a. Cubluk

Cubluk berupa lubang yang diberi dinding tidak kedap air di bagian atasnya dan dilengkapi dengan tutup. Limbah dari jamban langsung dialirkan ke dalam cubluk. Jika cubluk sudah penuh, limbah dialirkan ke cubluk lain. Cubluk sebaiknya dibuat dengan jarak 15 m dari galian sumur agar limbah dari cubluk tidak mencemari air sumur.



b. Tangki septik konvensional



Tangki septic konvensional, berupa bak kedap air yang dilengkapi dengan pipa ventilasi dan lubang kontrol. Limbah cair disimpan selama minimal satu hari di dalam tangki septic, kemudian dialirkan ke sumur resapan. Partikel padatan dalam limbah akan megendap dan membentuk lumpur tinja. Di atas tangki septic, diberi lubang pemeriksaan yang berfungsi sebagai lubang penyedot tinja.

c. Tangki septic biofilter

Tangki septic biofilter terdiri atas bak pengendap, ruangan yang berisi media filter (batu pecah, batu apung, ijuk, dan kerikil), dan ruang resapan (berisi kerikil, pasir, dan ijuk). Bak pengendap berfungsi mengendapkan partikel padatan menjadi lumpur tinja. Air luapan dari bak pengendap dialirkan ke ruang yang berisi



media filter. Pada permukaan media filter, tumbuh lapisan tipis mikroorganisme (bakteri anaerob) yang akan menguraikan bahan organik dalam limbah cair tersebut. Selanjutnya, air luapan dari ruangan media filter dialirkan ke ruang resapan.

d. Instalasi pengolahan limbah cair domestik

IPLCD (Instalasi pengolahan limbah cair domestic) biasanya dibangun untuk perkantoran, restoran, hotel, dan rumah sakit. Pengolahan limbah cair ini meliputi tiga proses, yaitu fisik, kimiawi, dan biologis. Urutan tahapan pengolahannya adalah sebagai berikut:

- 1). Pengolahan pendahuluan (penyaringan), yaitu dengan menyaring benda-benda kasar yang terbawa dalam limbah cair, mencampur limbah dalam bak ekualisasi, dan mengatur agar aliran limbah yang menuju ke bak aerasi selalu tetap (tidak berfluktuasi).
- 2). Pengolahan pertama (pengendapan), yaitu dengan mengurangi bahan organik secara biokimiawi, pengendapan partikel padatan kedua, dan disinfeksi (membunuh kuman penyakit). Pengolahan limbah rumah sakit memerlukan disinfeksi dengan dosis khusus.
- 3). Pengolahan lumpur, yaitu dengan mengumpulkan lumpur dan mengurangi kadar air (pemekatan lumpur) menstabilkan, dan mengeringkan lumpur.

2. Sistem Penanganan Limbah Cair Industri

a. Pembuatan Kolam Stabilisasi

Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkasi zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi (pemusnahan mikroorganisme patogen). Kolam stabilisasi ini dapat digunakan oleh semua kalangan karena mudah memiliki dan murah harganya.

b. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Pengolahan ini menggunakan alat-alat khusus, dilakukan dengan tiga tahapan yaitu: *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), dan *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan). Pada pengolahan pertama bertujuan untuk memisahkan zat padat dan zat cair dengan menggunakan *filter* (saringan) dan bak sedimentasi. Pengolahan kedua bertujuan untuk mengkoagulasikan, menghilangkan koloid, dan menstabilkan zat organik dalam limbah. Dan tahap ketiga merupakan lanjutan dari pengolahan kedua yaitu, penghilangan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan fosfat, serta penambahan kalor untuk memusnahkan mikroorganisme pathogen.

F. Penanganan Limbah Gas

Limbah gas dapat berupa gas, embun, uap, kabut, awan, debu, haze (partikel tersuspensi dalam tetesan air), dan asap. Pada umumnya, limbah gas berasal dari kendaraan bermotor dan industri. Penanganan limbah gas dapat dilakukan dengan menambahkan alat bantu berikut:

1. Filter Udara

Filter udara dipasang pada cerobong untuk menyaring kotoran. Filter udara harus dikontrol secara rutin. Jika filter sudah jenuh dengan debu, harus diganti dengan yang baru.

2. Pengendap Siklon (*Cyclone Separator*)

Pengendap siklon merupakan pengendap debu (abu) yang terdapat dalam gas buangan atau udara di ruangan pabrik yang berdebu. Prinsip kerja pengendap siklon adalah memanfaatkan gaya sentrifugasi dari udara/gas buangan yang sengaja diembuskan melalui tepi dinding tabung siklon sehingga partikel yang relatif berat akan jatuh ke bawah.

3. Filter Basah (*Scrubbers atau Wet Collector*)

Prinsip kerja filter basah adalah membersihkan udara yang kotor dengan cara menyemprotkan air. Debu akan turun ke bawah saat mengalami kontral dengan air.

4. Pengendap Sistem Gravitasi

Pengendap sistem gravitas hanya dapat digunakan untuk membersihkan udara kotor yang partikelnya untuk membersihkan udara kotor yang partikelnya berukuran relatif besar (sekitar 50 mikron atau lebih). Prinsip kerja alat ini adalah mengalirkan udara kotor ke dalam alat yang dibuat sedemikian rupa sehingga pada saat terjadi perubahan kecepatan secara tiba-tiba (*speed drop*), partikel jatuh terkumpul ke bawah akibat gaya gravitasi.

5. Pengendap Elektrostatik

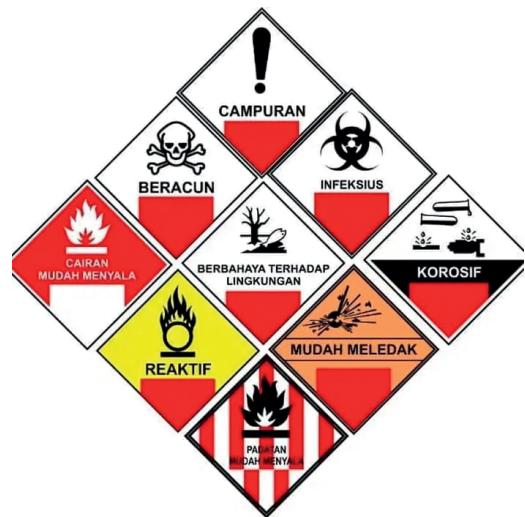
Pengendap elektrostatik digunakan untuk membersihkan udara kotor dalam volume yang relatif besar dan kotoran dalam udara berupa aerosol atau uap air. Alat ini dapat membersihkan udara secara cepat. Udara yang keluar dari alat ini sudah relatif bersih.

G. Penanganan Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

1. Pengelolaan Limbah B3 Secara Fisika

Secara fisik, limbah B3 dapat diolah menggunakan 3 metode yang berbeda. Sesuaikan dengan karakteristik limbah dan lingkungan, dalam memilih metode yang digunakan untuk pengelolaan limbah B3

- a. Menyisihkan komponen, meliputi stripping, dialisa, adsorpsi, electrodialisa, kristalisasi, leaching, solvent extraction, dan reverse osmosis.
- b. Memisahkan antara padatan dengan cairan, meliputi thickening, sedimentasi, floatasi, filtrasi, koagulasi, sentrifugasi, dan klarifikasi
- c. Membersihkan gas, meliputi wet scrubbing, elektrostatik presipitator, adsorpsi karbon aktif, dan penyaringan partikel.



2. Pengelolaan Limbah B3 Secara Kimia

Melalui metode kimia, akan terjadi beberapa proses seperti stabilisasi atau solidifikasi, reduksi-oksidasi, absorpsi, prolisa, penukaran ion, pengendapan, elektrolisis, dan netralisasi. Secara keseluruhan, pengelolaan limbah B3 secara fisik dan kimia yang paling umum digunakan adalah stabilisasi atau solidifikasi. Sebuah proses yang memungkinkan terjadinya perubahan sifat kimia dan bentuk fisik melalui tambahan senyawa pereaksi atau bahan peningkat tertentu yang bisa digunakan untuk membatasi dan memperkecil pelarutan, penyebaran kadar atau daya racun limbah. Proses ini biasanya ditemukan pada bahan seperti termoplastik, kapur (CaOH_2), serta semen.

3. Pengelolaan Limbah B3 Secara Biologi

Pengelolaan limbah B3 secara biologi paling dikenal dengan sebutan viktoremediasi serta bioremediasi. Vitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan dalam proses akumulasi serta absorpsi berbagai bahan beracun dan berbahaya dari tanah. Sementara bioremediasi ialah penggunaan jenis mikroorganisme dan bakteri sebagai bahan untuk mengurai atau mendegradasi limbah B3. Kedua proses tersebut tak kalah efektif untuk mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan oleh limbah B3. Apalagi biaya yang dibutuhkan lebih terjangkau jika dibandingkan dengan metode fisik dan kimia, meski secara praktis metode biologi juga memiliki kelemahan akibat prosedur alaminya. Jika dipakai untuk pengelolaan limbah B3 dalam jumlah besar, waktu yang dibutuhkan lebih lama. Serta penggunaan makhluk hidup di dalam proses biologi juga beresiko membawa berbagai senyawa beracun yang dibawa ke dalam rantai makanan ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jacson, R. B. (2010). Biology. Edisi Kedelapan. Jilid 3. Jakarta: Erlangga.
- Irnaningtyas. (2013). Biologi Untuk SMA/MA Kelas X Berdasarkan Kurikulum 2013. Jakarta: Erlangga.
- Pujiyanto, S. (2014). Biologi. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri
- Syamsuri, I. (2017). ESPS Biologi. Jakarta: Erlangga.
- Wijana, N. (2014). Ilmu Lingkungan. Edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Zulkifli, A. (2014). Dasar-Dasar Ilmu Lingkungan. Jakarta: Salemba Teknika

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap **Nurul Istiqomah**, lahir di Bengkulu pada tanggal 10 September 1998. Anak kedua dari tiga bersaudara, pasangan dari Bapak Hardi dan Ibu Yatinah. Penulis berasal dari Provinsi Bengkulu dan menyelesaikan Pendidikan di SDIT IQRA' 1 Kota Bengkulu, SMPIT IQRA Kota Bengkulu, dan SMAIT IQRA Kota Bengkulu. Pada tahun 2017 penulis melanjutkan studi S1 di Universitas Bengkulu pada Program Studi Pendidikan Biologi. Pada tahun 2022, penulis melanjutkan studi S2 di Universitas Negeri Yogyakarta pada program yang sama yaitu Program Studi Pendidikan Biologi. Serta pada tahun 2023, penulis juga mengikuti Program Profesi Guru (PPG) di Universitas Negeri Yogyakarta pada Program Studi Pendidikan IPA. Selama menempuh Pendidikan di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Negeri Yogyakarta penulis aktif di organisasi Keluarga Mahasiswa Magister dan Doktor Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univeritas Negeri Yogyakarta (KMMD FMIPA UNY) dan menjadi Staff pada Bidang Media dan Informasi.



Penulis bernama Dr. Tien Aminatun, S.Si., M.Si lahir di Yogyakarta pada tanggal 02 Juli 1972 yang merupakan Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis menempuh Pendidikan S1 di Universitas Gadjah Mada, menempuh Pendidikan S2 di Universitas Gadjah Mada, serta menempuh Pendidikan S3 juga di Universitas Gadjah Mada. Bidang keahlian yaitu fokus pada bidang ekologi dan lingkungan.

GAMES TTS



Link Barcode Games TTS

